



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

**STUDI KOORDINASI PROTEKSI RELE ARUS LEBIH DAN
GROUND FAULT PADA SISTEM EKSISTING PT. VICO
INDONESIA, KALIMANTAN TIMUR**

Edo Yanuwirawan
NRP 2211 100 010

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Margo Pujiانتara, MT.
Ir. R. Wahyudi

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT – TE 141599

**STUDY OF COORDINATION PROTECTION
OVERCURRENT AND GROUND FAULT RELAY AT
EXISTING SYSTEM PT. VICO INDONESIA, EAST
KALIMANTAN**

Edo Yanuwirawan
NRP 2211 100 010

Advisor
Dr. Ir. Margo Pujiانتara, MT.
Ir. R. Wahyudi

DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technologi
Sepuluh Nopember Institute of Teknologi
Surabaya 2015

**STUDI KOORDINASI PROTEKSI RELE ARUS
LEBIH DAN GROUND FAULT PADA SISTEM
EKSISTING PT. VICO INDONESIA
KALIMANTAN TIMUR**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**

**Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I,

Dr. Ir. Margo Pujiانتara, MT.
NIP. 1966 03 18 1990 10 1001

Dosen Pembimbing II,

Ir. R. Wahyudi
NIP. 1951 02 02 1976 03 1003



STUDI KOORDINASI PROTEKSI RELE ARUS LEBIH DAN *GROUND FAULT* PADA SISTEM EKSISTING PT.VICO INDONESIA, KALIMANTAN TIMUR

Nama : Edo Yanuwirawan
NRP : 2211 100 010
Pembimbing I : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Pembimbing II : Ir. R. Wahyudi

ABSTRAK

Perusahaan VICO Indonesia adalah suatu perusahaan asing yang bergerak dibidang pengolahan minyak dan gas bumi di Kalimantan Timur, Indonesia. VICO Indonesia memiliki 4 Lapangan pengolahan minyak dan gas yaitu Muara Badak, Nilam, Semberah, dan Mutiara, sehingga di VICO Indonesia pasti mempunyai 4 plan sistem kelistrikan disetiap area tersebut.

Di VICO Indonesia sering terjadi *Black Out* (Sistem Kelistrikan Mati) biasanya diakibatkan Karena gangguan interkoneksi disalah satu area di VICO itu sendiri, sehingga jika satu area terganggu maka area lain juga ikut terganggu. Namun dalam pelayanannya, peralatan pengaman yang dimiliki oleh VICO Indonesia masih belum terkoordinasi dengan baik. Dari hasil plot koordinasi kurva arus waktu kondisi *existing* dapat diketahui bahwa terdapat *misscoordination* dan *overlapping*. Melalui hasil analisis dan perhitungan manual direkomendasikan penyetelan *pick up* rele arus lebih dan penyetelan *gradding time* rele. Rele yang perlu disetel ulang adalah rele arus lebih gangguan fasa (*Over Current Relay*) dan rele arus lebih gangguan tanah (*Ground Fault Relay*).

Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan evaluasi koordinasi proteksi yang ada seperti pengaman arus lebih (*Over Current Relay*) dan rele pengaman gangguan tanah (*Ground Fault Relay*) serta menggambarkan kurva karakteristik arus waktu pada perusahaan VICO Indonesia. Analisis koordinasi kurva proteksi ini diharapkan dapat mencegah atau membatasi kerusakan jaringan beserta peralatannya.

Kata kunci : Kontinuitas, Koordinasi, Gangguan, Keandalan, Rele Pengaman

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

**STUDY OF COORDINATION PROTECTION
OVERCURRENT AND GROUND FAULT RELAY ON
EXISTING SYSTEMS PT. VICO INDONESIA, EAST
KALIMANTAN**

Name : Edo Yanuwirawan
NRP : 2211 100 010
Advisor I : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Advisor II : Ir. R. Wahyudi

ABSTRACT

VICO Indonesia factory is a foreign company engaged in the processing of oil and gas in East Kalimantan, Indonesia. VICO Indonesia has four oil refineries and gas field of Muara Badak, Patchouli, Semberah, and Pearl, so in VICO Indonesia has had 4 plan in every area of the electrical system.

The VICO Indonesia often occurs Black Out (Electrical Systems Dead) is usually caused Because interconnect disturbances in one area in VICO itself, so that if one area is disrupted other areas also disrupted. But in his ministry, safety equipment owned by VICO Indonesia is still not well coordinated. From the results of the coordination plot a current curve existing condition is known that there misscoordination and overlapping. Through the analysis and manual calculation of the adjustment recommended overcurrent relay pick up and adjustment grading time relay. Rele that needs to be reset is the relay overcurrent phase disorder (Over Current Relay) and ground fault overcurrent relay (Ground Fault Relay).

In this final project will be evaluated coordinating existing protection as a safety overcurrent (Over Current Relay) and safety rele soil disturbance (Ground Fault Relay) and describes the current characteristic curve at the time the company VICO Indonesia. Analysis of protection coordination curve is expected to prevent or limit damage to the network and its equipment.

Keywords : Continuity, Coordination, disorders, Reliability, Safety of Relay

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil 'Alamin, terucap syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, berkah dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “STUDI KOORDINASI PROTEKSI RELE ARUS LEBIH DAN *GROUND FAULT* PADA SISTEM *EKSISTING* PT. VICO INDONESIA, KALIMANTAN TIMUR”. Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana teknik pada bidang studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam kesempatan yang berbahagia ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah berjasa dalam proses penyusunan tugas akhir ini, yaitu :

1. Allah SWT beserta Nabi Muhammad SAW atas karunia, berkah dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Orang tua penulis, Agus Eriyanto (Alm.), Ambri Syachranie dan Sudarwati serta nenek Suparti dan juga kedua kakak penulis Ery Karinawati dan Tirta Agus Hervianto atas dukungan, dorongan semangat dan doa.
3. Bapak Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT. Dan Bapak Ir. R. Wahyudi Selaku dosen pembimbing yang dengan sabar telah memberikan saran, masukan serta bimbingannya.
4. Chandra Adi Sumirat, Abdullah Iskandar, Sidik Supriyadi, Arief Rahman, dan Maya Prananda yang telah meluangkan waktunya untuk berdiskusi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Keluarga besar kontrakan keputih, Firza Redana, Rozy Yuwafi, Shofyan Wahyudi, Ravi Hasmi, Aditya Prayuda, M.A. Machrus, Ainur Rizal, Devi Firdayanti, dan Ulum atas dukungannya kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Keluarga besar E-51, terutama sahabat - sahabat penulis atas kebersamaan, kerja sama dan doanya selama ini.
7. Keluarga besar Graha ITS Sepuluh Nopember.
8. Seluruh dosen, asisten teknik sistem tenaga atas dukungan & bantuan.

Besar harapan penulis agar buku ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran membangun dari seluruh pembaca.

Surabaya, 26 Mei 2015

Penulis

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR ISI

Halaman

JUDUL

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Penulisan	7

BAB 2 KOORDINASI PROTEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK

2.1 Gangguan Sistem Tenaga Listrik	10
2.2 Penyebab Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik	11
2.2.1 Gangguan Beban Lebih	12
2.2.2 Gangguan Hubung Singkat.....	12
2.2.3 Gangguan Tegangan Lebih.....	15
2.3 Analisis Hubung Singkat.....	16
2.4 Perhitungan Arus Hubung Singkat.....	17
2.4.1 Hubung Singkat Tiga Fasa ke Tanah.....	18
2.4.2 Hubung Singkat Antar Fasa.....	18
2.4.3 Hubung Singkat Fasa ke Netral	18
2.4.4 Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah	19
2.5 Proteksi Sistem Tenaga Listrik	19
2.6 Peralatan Transformator.....	21
2.6.1 Trafo Arus (<i>Current Trasnformator</i>).....	21
2.6.2 Trafo Tegangan (<i>Potential Transformer</i>)	22
2.7 Rele Sebagai Peralatan Pengaman	23

2.8 Elemen Dasar Rele Pengaman	24
2.9 Rele Arus Lebih (<i>Over Current Relay</i>).....	25
2.9.1 Penyetelan Rele Arus Lebih.....	26
2.9.2 Penyetelan Rele Arus Lebih Gangguan Fasa	27
2.9.3 Karakteristik Rele Arus Lebih.....	27
2.9.3.1 <i>Rele Arus Lebih Waktu Tertentu (Definite Time)</i>	27
2.9.3.2 <i>Rele Arus Lebih Inverse waktu (Time Inverse)</i>	28
2.9.3.3 <i>Rele Arus Lebih Inverse Definite Time Minimum</i> (<i>IDMT</i>).....	30
2.9.3.4 <i>Rele Arus Lebih Waktu Instan</i>	30
2.10 Koordinasi Rele Arus dan Waktu.....	32
2.11 Rele Gangguan Tanah (<i>Ground Fault Relay</i>)	33

BAB 3 SISTEM KELISTRIKAN PT. VICO INDONESIA MUARA BADAK, KUTAI KARTANEGARA

3.1 Sistem Kelistrikan PT. VICO Indonesia	35
3.2 Jumlah Total Pembangkitan, Pembebanan dan <i>Demand</i>	36
3.3 Kapasitas Pembangkitan	36
3.4 Skema Operasi	38
3.5 Sistem Transmisi dan Distribusi PT. VICO Indonesia	38
3.5.1 Sistem Transmisi	38
3.5.2 Sistem Distribusi	38
3.6 Fasilitas Peralatan Utama pada PLANT / SATELLITE.....	42
3.7 Sistem Pentanahan	45
3.7.1 Sistem Pentanahan Generator.....	45
3.7.2 Sistem Pentanahan Trafo.....	46

BAB 4 HASIL SIMULASI DAN ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI PT. VICO INDONESIA

4.1 Pemodelan dan Analisis Sistem Kelistrikan PT. VICO Indonesia.....	49
4.2 Pemilihan Tipikal Koordinasi <i>Setting</i> Rele Pengaman Pada PT. VICO Indonesia.....	49
4.3 Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat	51
4.3.1 Analisis Hubung Singkat Minimum.....	52
4.3.2 Analisis Hubung Singkat Maksimum.....	53
4.4 Analisis Sistem Eksisting Pengaman Arus Lebih Fasa	55
4.4.1 Koordinasi Eksisting Peralatan Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Badak.....	55

4.4.2 Koordinasi Eksisting Peralatan Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Nilam	62
4.4.3 Koordinasi Eksisting Peralatan Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Badak - Nilam.....	67
4.5 Analisis Sistem Resetting Pengaman Arus Lebih Fasa	75
4.5.1 Koordinasi Resetting Peralatan Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Badak.....	75
4.5.2 Koordinasi Resetting Peralatan Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Nilam	91
4.5.3 Koordinasi Resetting Peralatan Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Badak - Nilam.....	104
4.6 Analisis Eksisting Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan ke Tanah.....	122
4.6.1 Koordinasi Eksisting Peralatan Pengaman Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Badak	122
4.6.2 Koordinasi Eksisting Peralatan Pengaman Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Nilam.....	127
4.6.3 Koordinasi Eksisting Peralatan Pengaman Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Badak - Nilam	130
4.7 Analisis Resetting Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan ke Tanah.....	133
4.7.1 Koordinasi Resetting Peralatan Pengaman Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Badak	135
4.7.2 Koordinasi Resetting Peralatan Pengaman Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Nilam.....	145
4.7.3 Koordinasi Resetting Peralatan Pengaman Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Badak - Nilam	151

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan	163
5.2 Saran	164

DAFTAR PUSTAKA	165
RIWAYAT PENULIS.....	167
LAMPIRAN.....	169

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Rangkaian dan Persamaan Gangguan Hubung Singkat	13
Tabel 2.2 Koefisien <i>Inverse</i> Time Dial	29
 Tabel 3.1 Jumlah Total Pembangkitan, Pembebanan dan <i>Demand</i>	 36
Tabel 3.2 Data Kapasitas Pembangkit di PT. VICO Indonesia	
Lapangan Badak.....	37
Tabel 3.3 Data Kapasitas Pembangkit di PT. VICO Indonesia	
Lapangan Nilam	37
Tabel 3.4 Data Beberapa Bus Lapangan Badak	39
Tabel 3.5 Data Beberapa Bus Lapangan Nilam	40
Tabel 3.6 Data Beberapa Transformator Lapangan Badak - Nilam	41
Tabel 3.7 Data Beberapa Motor di Lapangan Badak - Nilam	44
Tabel 3.8 Data Sistem Pentanahan Generator di Lapangan Badak	45
Tabel 3.9 Data Sistem Pentanahan Generator di Lapangan Nilam	45
Tabel 3.10 Data Sistem Pentanahan Trafo pada PT. VICO Indonesia...	46
 Tabel 4.1 Data Arus Hubung Singkat Minimum	 52
Tabel 4.2 Data Arus Hubung Singkat Maksimum	54
Tabel 4.3 Data <i>Eksisting</i> Peralatan Pengaman Tipikal Badak.....	58
Tabel 4.4 Data <i>Eksisting</i> Peralatan Pengaman Tipikal Nilam.....	64
Tabel 4.5 Data <i>Eksisting</i> Peralatan Pengaman Tipikal Badak - Nilam ..	71
Tabel 4.6 Data <i>Resetting</i> Peralatan Pengaman Tipikal Badak	88
Tabel 4.7 Data <i>Resetting</i> Peralatan Pengaman Tipikal Nilam.....	102
Tabel 4.8 Data <i>Resetting</i> Peralatan Pengaman Tipikal Badak - Nilam	119
Tabel 4.9 Data <i>Eksisting</i> Peralatan Pengaman Tipikal Badak.....	126
Tabel 4.10 Data <i>Eksisting</i> Peralatan Pengaman Tipikal Nilam.....	129
Tabel 4.11 Data <i>Eksisting</i> Peralatan Pengaman Tipikal	
Badak - Nilam	133
Tabel 4.12 Tingkat Tegangan dan Pentanahan Peralatan.....	134
Tabel 4.13 Data Arus Gangguan ke Tanah pada Bus.....	135
Tabel 4.14 Data <i>Resetting</i> Peralatan Pengaman Tipikal Badak	143
Tabel 4.15 Data <i>Resetting</i> Peralatan Pengaman Tipikal Nilam.....	150
Tabel 4.16 Data <i>Resetting</i> Peralatan Pengaman Tipikal	
Badak - Nilam	159

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 <i>Flow Chart</i> Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir	6
Gambar 2.1 Kehandalan Sistem Proteksi	10
Gambar 2.2 Zona Proteksi Terbuka dan Tertutup	15
Gambar 2.3 Daerah Pengaman pada Sistem Tenaga Listrik	15
Gambar 2.4 Arah Aliran Arus Ketika Terjadi Hubung Singkat	16
Gambar 2.5 Gelombang Arus Hubung Singkat.....	17
Gambar 2.6 Stabilitas Durasi Gangguan Sistem	18
Gambar 2.7 Kemampuan Rele Pengaman dalam Menentukan Titik Gangguan	20
Gambar 2.8 Bagan Waktu Koordinasi Rele Pengaman.....	21
Gambar 2.9 Rele Arus Lebih Pengaman Trafo	23
Gambar 2.10 Skema Konsep Kerja Rele Pengaman	24
Gambar 2.11 Bagan Elemen Dasar Rele Pengaman	24
Gambar 2.12 Batas Ketelitian Setting Arus Berdasarkan BS 142- 1983.....	26
Gambar 2.13 Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Tertentu (Definite Time).....	28
Gambar 2.14 Karakteristik <i>Standard Inverse</i> , <i>Very Inverse</i> , dan <i>Extremely Inverse</i>	28
Gambar 2.15 Karakteristik Waktu IDMT Rele	30
Gambar 2.16 Karakteristik Rele Arus Lebih Instan	31
Gambar 2.17 Kombinasi IDMT dengan Rele Arus Lebih Waktu Instan	31
Gambar 2.18 Koordinasi Setelan Arus dan Waktu	33
Gambar 2.19 (a) Rangkaian <i>Zero Sequence Filter</i>	34
(b) Hubung singkat satu fasa ke tanah.....	34
Gambar 3.1 Single Line Diagram Sistem Kelistrikan PT. VICO Indonesia	36
Gambar 4.1 Arus Kontribusi Sistem Kelistrikan Badak - Nilam	50
Gambar 4.2 Tipikal Koordinasi Badak dan Badak - Nilam	51
Gambar 4.3 Tipikal Koordinasi Nilam.....	51
Gambar 4.4 Model <i>Single Line Diagram</i> Tipikal Badak	56
Gambar 4.5 Kurva TCC <i>Eksisting</i> Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal	

	Badak	61
Gambar 4.6	Model <i>Single Line Diagram</i> Tipikal Nilam	62
Gambar 4.7	Kurva TCC <i>Eksisting</i> Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Nilam	66
Gambar 4.8	Model <i>Single Line Diagram</i> Tipikal Badak - Nilam.....	68
Gambar 4.9	Kurva TCC <i>Eksisting</i> Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Badak - Nilam.....	74
Gambar 4.10	Model <i>Single Line Diagram</i> Tipikal Badak	76
Gambar 4.11	Kurva MTCS (<i>Multiple of Tap Current Setting</i>) CO8-Inverse.....	86
Gambar 4.12	Kurva TCC <i>Resetting</i> Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Badak	91
Gambar 4.13	Model <i>Single Line Diagram</i> Tipikal Nilam	92
Gambar 4.14	Kurva TCC <i>Resetting</i> Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Nilam.....	104
Gambar 4.15	Model <i>Single Line Diagram</i> Tipikal Badak - Nilam.....	105
Gambar 4.16	Kurva MTCS (<i>Multiple of Tap Current Setting</i>) CO8-Inverse.....	118
Gambar 4.17	Kurva TCC <i>Resetting</i> Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Badak - Nilam	122
Gambar 4.18	Model <i>Single Line Diagram</i> Tipikal Badak	123
Gambar 4.19	Kurva TCC <i>Eksisting</i> Pengaman Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Badak.....	125
Gambar 4.20	Model <i>Single Line Diagram</i> Tipikal Nilam	127
Gambar 4.21	Kurva TCC <i>Eksisting</i> Pengaman Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Nilam	128
Gambar 4.22	Model <i>Single Line Diagram</i> Tipikal Badak - Nilam.....	130
Gambar 4.23	Kurva TCC <i>Eksisting</i> Pengaman Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Badak - Nilam	132
Gambar 4.24	Model <i>Single Line Diagram</i> Tipikal Badak	136
Gambar 4.25	<i>Resetting</i> Kurva TCC Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Badak.....	142
Gambar 4.26	Model <i>Single Line Diagram</i> Tipikal Nilam	146
Gambar 4.27	<i>Resetting</i> Kurva TCC Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Nilam	149
Gambar 4.28	Model <i>Single Line Diagram</i> Tipikal Badak - Nilam.....	152
Gambar 4.29	<i>Resetting</i> Kurva TCC Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Badak - Nilam	158

LAMPIRAN

Tabel 1 Data *Eksisting* Rele Pengaman Gangguan Fasa Tipikal Badak

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
LVCB - M8 - 1	-	-	Sensor : 2000 A	LTPU	Tidak Ada Eksisting	Tidak Ada Eksisting	
				LTPU Band			
				STPU			
				STPU Band			
Rele R-8/1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	200 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	14
				Tap	1.2	Delay (Sec)	0.01
				Time Dial	0.5		
				Rele R-8/2	GE - Multilin	SR - 750 / 760	400 / 5
Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap					
Tap	0.8	Delay (Sec)					
Time Dial	2						
Rele R10	GE - Multilin	SR - 750 / 760	400 / 5				
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	1	Delay (Sec)	
				Time Dial	4.5		
				Rele R-TuSW1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	1200 / 5
Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap					
Tap	1	Delay (Sec)					
Time Dial	10						
Rele R-6700	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5				
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	2.4	Delay (Sec)	
				Time Dial	10		
				Rele 3	ABB	CO (Circuit Opening)	600 / 5
Pickup Range	0.5 - 2.5 Sec - 5A	Tap					
Tap	1.5	Delay (Sec)					
Time Dial	11						

Tabel 2 Data *Resetting* Rele Pengaman Gangguan Fasa Tipikal Badak

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
LVCB - M8 - 1	Merlin Gerlin	STR 58U	Sensor : 2500 A	LTPU	0.98		Tidak Ada
				LTPU Band	15		
				STPU	1.5		
				STPU Band	0.4		
Rele R-8/1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	200 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	13
				Tap	0.7	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	1.84		
Rele R-8/2	GE - Multilin	SR - 750 / 760	400 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	7
				Tap	0.8	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	2.16		
Rele R10	GE - Multilin	SR - 750 / 760	400 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	7
				Tap	0.8	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	2.16		
Rele R-TieSW1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	1200 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	3
				Tap	0.38	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	2.68		
Rele R-6700	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	7
				Tap	0.8	Delay (Sec)	0.7
				Time Dial	3.41		
Rele 3	ABB	CO (Circuit Opening)	600 / 5	Curve Type	CO8 - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	2.5 - 10 Sec - 5A	Tap	
				Tap	4.5	Delay (Sec)	
				Time Dial	6		

Tabel 3 Data *Eksisting* Rele Pengaman Gangguan Fasa Tipikal Nilam

Rele				Setting				
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous		
LVCB 1003/6	Merlin Gerlin	STR 58U	Sensor : 250 A	LTPU	1	Tidak Ada Eksisting		
				LTPU Band	15			
				STPU	5			
				STPU Band	0.2			
LVCB 1003/2	Moeller	IZM-U	Sensor: 3200 A	LTPU	0.8	Tidak Ada Eksisting		
				LTPU Band	15			
				STPU	4			
				STPU Band	0.2			
Rele 50G-1	-	-	50 / 5	Curve Type	Tidak Ada Eksisting	Pickup Range	Tidak Ada Eksisting	
				Pickup Range		Tap		
				Tap		Delay (Sec)		
				Time Dial				
Rele OCR 1000/52-1	GE - Multilin	SR - 745	300 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	13.3	
				Tap	1.1	Delay (Sec)	0	
				Time Dial	0.9			
Rele OCR-TG 50	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif	
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap		
				Tap	1.6	Delay (Sec)		
				Time Dial	4.23			

Tabel 4 Data *Resetting* Rele Pengaman Gangguan Fasa Tipikal Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
LVCB 1003/6	Merlin Gerlin	STR 58U	Sensor : 3000 A	LTPU	1	Tidak Ada	
				LTPU Band	15		
				STPU	2		
				STPU Band	0.5		
LVCB 1003/2	Moeller	IZM-U	Sensor : 4000 A	LTPU	0.94	Tidak Ada	
				LTPU Band	15		
				STPU	2.2		
				STPU Band	0.4		
Rele 50G-1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	200 / 5	Curve Type	ANSI-Extremely Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	17.5
				Tap	2.25	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	4.61		
Rele OCR 1000/52-1	GE - Multilin	SR - 745	300 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	11.5
				Tap	1.59	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	14		
Rele OCR-TG 50	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	6
				Tap	0.8	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	22.6		

Tabel 5 Data *Eksisting* Rele Pengaman Gangguan Fasa Tipikal Badak – Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
LVCB - S6-1	General Electric	EC-1 AK-15-25-30 (LSI 15s)	Sensor : 15 A	LTPU	0.8	Pickup 15s - feed	
				LTPU Band	IC-Min		
				STPU	2		
				STPU Band	2C-Min		
Rele MIF-SAT-5	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	15 / 5	Curve Type	IEC - A	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	Tidak Aktif
				Tap	0.75	Delay (Sec)	
				Time Dial	0.08		
Rele MIF-SAT-4	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	30 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	0.8	Delay (Sec)	
				Time Dial	1.5		
Rele OCR 1001/2	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	30 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	0.9	Delay (Sec)	
				Time Dial	2.8		
Rele REF615_Nlm	ABB	REF 545	100 / 5	Curve Type	Normal Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.1 - 5 XCT Sec	Tap	
				Tap	0.5	Delay (Sec)	
				Time Dial	0.22		
Rele REF615_Bdk	ABB	REF 545	100 / 5	Curve Type	Normal Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 40 XCT Sec	Tap	
				Tap	0.3	Delay (Sec)	
				Time Dial	0.33		
Rele R4	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	400 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	1.6	Delay (Sec)	
				Time Dial	5		
Rele R-6700	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	2.4	Delay (Sec)	
				Time Dial	10		
Rele 3	ABB	CO (Circuit Opening)	600 / 5	Curve Type	CO2 - Short Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.5 - 2.5 Sec - 5A	Tap	
				Tap	1.5	Delay (Sec)	
				Time Dial	11		

Tabel 6 Data *Resetting* Rele Pengaman Gangguan Fasa Tipikal Badak - Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
LVCB - S6-1	General Electric	EC-1 AK-15-25-30 (LSI 15s)	Sensor : 800 A	LTPU	1.45	Tidak Aktif	
				LTPU Band	IC-Min		
				STPU	2.3		
				STPU Band	2A-Mix		
Rele MIF-SAT-5	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	15 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	10.15
				Tap	1.05	Delay (Sec)	0.14
				Time Dial	0.18		
Rele MIF-SAT-4	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	30 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	5.45
				Tap	0.85	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	2.17		
Rele OCR 1001/2	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	30 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	6
				Tap	1.2	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	2.71		
Rele REF615_Nlm	ABB	REF 545	100 / 5	Curve Type	Normal Inverse	Pickup Range	0.05 - 40 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 40 XCT Sec	Tap	2
				Tap	6	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	0.05		
Rele REF615_Bdk	ABB	REF 545	100 / 5	Curve Type	Normal Inverse	Pickup Range	0.05 - 40 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 40 XCT Sec	Tap	2.5
				Tap	0.7	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	0.05		
Rele R4	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	400 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	5.5
				Tap	1.95	Delay (Sec)	0.14
				Time Dial	3.3		
Rele R-6700	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	7
				Tap	0.8	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	4.23		
Rele 3	ABB	CO (Circuit Opening)	600 / 5	Curve Type	CO8 - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	2.5 - 10 Sec - 5A	Tap	
				Tap	4.5	Delay (Sec)	
				Time Dial	6		

Tabel 7 Data *Eksisting* Rele Pengaman Gangguan ke Tanah Tipikal Badak

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
GFR-8/1 - G	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.116
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.01
				Time Dial	Off		
R-6700-GND - G	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Off
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	Off
				Tap	0.8	Delay (Sec)	Off
				Time Dial	4.5		

Tabel 8 Data *Resetting* Rele Pengaman Gangguan ke Tanah Tipikal Badak

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele GFR-8/1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.08
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	Off		
Rele R-8/1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	200 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.05
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	Off		
Rele R-8/2	GE - Multilin	SR - 750 / 760	100 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.12
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	Off		
Rele R10	GE - Multilin	SR - 750 / 760	100 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.14
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.7
				Time Dial	Off		
Rele R-TieSW1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	100 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.16
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.9
				Time Dial	Off		
Rele R-6700	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.06
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	Off		
Rele R-6700-GND	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.12
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	Off		

Tabel 9 Data *Eksisting* Rele Pengaman Gangguan ke Tanah Tipikal
Nilam

Rele				Setting		
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous
LVCB 1003/6	Merlin Gerlin	STR 58U	Sensor : 250 A	Ground Pickup	0.1	<i>Off</i>
				Ground Band	0.1	

Tabel 10 Data *Resetting* Rele Pengaman Gangguan ke Tanah Tipikal
Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele 50G-1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	100 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.06
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	<i>Off</i>		
Rele OCR 1000/52-1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	100 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.07
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	<i>Off</i>		
Rele OCR-TG50	GE - Multilin	SR - 750 / 760	100 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.08
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	<i>Off</i>		

Tabel 11 Data *Resetting* Rele Pengaman Gangguan ke Tanah Tipikal Badak - Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
R-6700-QND - G	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Off
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	Off
				Tap	0.8	Delay (Sec)	Off
				Time Dial	4.5		Off
R-T4N - G	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Off
				Pickup Range	0 - 30 XCT Sec	Tap	Off
				Tap	0.2	Delay (Sec)	Off
				Time Dial	3.98		Off

Tabel 12 Data *Resetting* Rele Pengaman Gangguan ke Tanah Tipikal Badak - Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele MIF-SAT-5	GE - Multilin	SR - 750 / 760	15 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	3.333
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	Off		
Rele MIF-SAT-4	GE - Multilin	SR - 750 / 760	30 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	2
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	Off		
Rele OCR 100I/2	GE - Multilin	SR - 750 / 760	30 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	2.3333
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	Off		
Rele REF615_Nlm	ABB	REF 545	100 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.8
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.7
				Time Dial	Off		
Rele Ref615_Bdk	ABB	REF 545	100 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	1
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.9
				Time Dial	Off		
Rele R-T4N	GE - Multilin	C60	50 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.37
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	Off		
Rele R4	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.185
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	Off		
Rele R-6700-G	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.06
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	Off		
Rele R-6700-QND	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.12
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	Off		

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perusahaan VICO Indonesia adalah suatu perusahaan asing yang bergerak dibidang pengolahan minyak dan gas bumi di Kalimantan Timur, Indonesia. VICO Indonesia memiliki 4 Lapangan pengolahan minyak dan gas yaitu Muara Badak, Nilam, Semberah, dan Mutiara, sehingga di VICO Indonesia pasti mempunyai 4 plan sistem kelistrikan disetiap area tersebut. Suatu sistem kelistrikan yang baik harus didukung dengan tingkat keandalan dan kontinuitas listrik yang bagus pula. Kontinuitas pasokan daya pada suatu industri sangat diperlukan untuk menjamin terlaksananya proses produksi. Apabila sistem kelistrikan industri tersebut mengalami gangguan maka proses produksi pada industri tersebut dapat berhenti beroperasi dan menimbulkan kerugian yang cukup besar. Gangguan yang terjadi juga dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada peralatan yang mendukung proses produksi. Oleh karena itu, diperlukan adanya sistem proteksi untuk mengamankan peralatan dari gangguan yang mungkin terjadi.

Sistem koordinasi proteksi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhinya. Jumlah beban yang meningkat pada suatu perusahaan harus didukung dengan penambahan daya yang dibangkitkan. Untuk memperoleh keandalan yang baik, diperlukan sistem proteksi yang koordinatif dalam suatu sistem kelistrikan. Sistem proteksi merupakan salah satu komponen penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan. Tanpa adanya pengaman, tenaga listrik yang dihasilkan tidak dapat ditransmisikan dan didistribusikan kepada konsumen dan operator dengan tingkat kehandalan yang tinggi. Gangguan pada sistem tenaga listrik sangat bervariasi jenis dan besarnya [1]. Rele pengaman merupakan peralatan listrik yang dirancang untuk mulai pemisahan bagian sistem tenaga listrik atau untuk mengoperasikan sinyal bila terjadi gangguan di sistem [2]. Rele pengaman dengan kemampuan selektif yang baik dibutuhkan untuk mencapai keandalan sistem yang tinggi karena tindakan pengaman yang cepat dan tepat akan dapat mengisolir gangguan seminimal mungkin [3]. Rele pengaman beroperasi saat muncul arus gangguan dan menggerakkan pemutus tenaga (PMT) sehingga aliran daya pada saluran tersebut terputus. Setelan dari rele pengaman yang tidak tepat dapat mengakibatkan PMT memutus rangkaian tidak tepat, sehingga

kontinuitas dan keandalan sistem kelistrikan terganggu salah satunya terjadi padam listrik total [1].

Dalam sistem kelistrikan yang terpasang pada suatu daerah membutuhkan keandalan untuk menjamin terpasoknya daya ke beban. Untuk memperoleh keandalan yang baik, diperlukan sistem proteksi yang koordinatif dalam suatu sistem kelistrikan. Sistem proteksi merupakan salah satu komponen penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan [4]. Koordinasi sistem proteksi kelistrikan diperlukan untuk mengisolir gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik, sehingga gangguan-gangguan yang terjadi dapat dilokalisasi dari sistem yang sedang berjalan. Diharapkan ketika terjadi gangguan maka pemutus atau *circuit breaker (CB)* yang terletak paling dekat dengan titik gangguan bekerja terlebih dahulu. Ketika CB yang paling dekat dengan titik gangguan gagal mengamankan maka CB backupnya akan segera bekerja sesuai *setting* waktu yang telah ditetapkan.

Di VICO Indonesia sering terjadi *Black Out* (Sistem Kelistrikanya Mati) biasanya diakibatkan Karena gangguan interkoneksi disalah satu area di VICO itu sendiri, sehingga jika satu area terganggu maka area lain juga ikut terganggu. Namun dalam pelayanannya, peralatan pengaman yang dimiliki oleh VICO Indonesia masih belum terkoordinasi dengan baik. Sehingga pada saat terjadi gangguan, terdapat kemungkinan kesalahan urutan trip pada peralatan pengamannya yang dapat mengakibatkan jumlah gangguan trip melebihi batas standard normal trip per tahunnya.

Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan studi koordinasi proteksi yang ada seperti pengaman arus lebih (*Over Current Relay*) dan rele pengaman gangguan tanah (*Ground Fault Relay*) serta menggambarkan kurva karakteristik arus waktu pada perusahaan VICO Indonesia. Analisis koordinasi kurva proteksi ini diharapkan dapat mencegah atau membatasi kerusakan jaringan beserta peralatannya. Software ETAP 12.6 digunakan untuk membantu proses studi analisis koordinasi rele-rele pada sistem tenaga listrik di VICO Indonesia Kalimantan Timur ini.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan utama yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah Sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia dan koordinasi rele pengaman arus lebih (*Over Current Relay*) dan rele pengaman gangguan ke tanah (*Ground Fault Relay*) pada *existing* apakah sudah tepat dan memenuhi standar.

1.3 Batasan Masalah

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, penulis membatasi permasalahan yang dibahas adalah analisis aliran daya pada sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia, kemudian melakukan analisis hubung singkat gangguan fasa dan gangguan hubung singkat ketanah sehingga dapat ditentukan setelan rele dan koordinasi rele arus lebih gangguan fasa dan rele arus lebih gangguan tanah. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* simulasi ETAP 12.6.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Tugas Akhir ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Mensimulasikan, dan menganalisis sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia.
2. Mendapatkan setelan dan koordinasi rele pengaman arus lebih (*Over Current Relay*) dan rele pengaman gangguan tanah (*Ground Fault Relay*) pada kondisi *existing*, kemudian dilakukan *resetting* dan koordinasi rele pengaman arus lebih (*Over Current Relay*) serta rele pengaman gangguan tanah (*Ground Fault Relay*) yang tepat pada sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia.

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat membawa manfaat sebagai berikut:

1. Dapat dijadikan sebagai acuan pada pembuatan koordinasi proteksi rele arus lebih (*Over Current Relay*) dan rele gangguan ke tanah (*Ground Fault Relay*) dan dapat menjadi referensi serta rekomendasi untuk melakukan perbaikan bagi PT. VICO Indonesia.
2. Dapat menjadi referensi mahasiswa lain yang hendak mengambil masalah serupa pada tugas akhirnya.

1.5 Metodologi

Metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data dan Studi Literatur

Hal yang dilakukan pertama kali adalah pengumpulan data dan studi literatur untuk menambah pemahaman mengenai permasalahan yang dihadapi. Data yang diperlukan adalah *rating* generator, trafo, kabel, motor, kapasitas busbar dan *single line diagram* PT. VICO Indonesia. Literatur yang digunakan berupa beberapa buku, jurna ilmiah, serta *user manual* peralatan.

2. Pemodelan dan Simulasi

Penulis melakukan pemodelan dengan menggunakan *software* simulasi ETAP 12.6. Dalam tugas akhir ini dilakukan pemodelan *single line diagram* pada *software* simulasi. Selanjutnya dilakukan simulasi aliran daya dan hubung singkat. Tujuan dilakukan pemodelan dan simulasi ini agar dapat diketahui besarnya daya yang mengalir ke beban dan arus hubung singkat yang terjadi pada sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia.

3. Perhitungan *Setting Rele*

Didalam perhitungan *setting rele* arus lebih (*Over Current Relay*) dan rele gangguan tanah (*Ground Fault Relay*) akan dihitung *high set* dan *low set*, sehingga didapatkan nilai *time dial*, *time delay*, *setting time over current pick-up*, *instantaneous pick-up*. Dan perlu juga dilihat stabilitas pada gangguan eksternal serta sensitivitas pada gangguan internal pada rele arus lebih dan gangguan tanah. Dan perlu untuk ditentukan *manufacture model* rele, jenis kurva serta *nCT* yang digunakan. Pada perhitungan rele gangguan ke tanah memperhatikan sistem pentanahan yang digunakan pada trafo dan generator.

4. Analisis

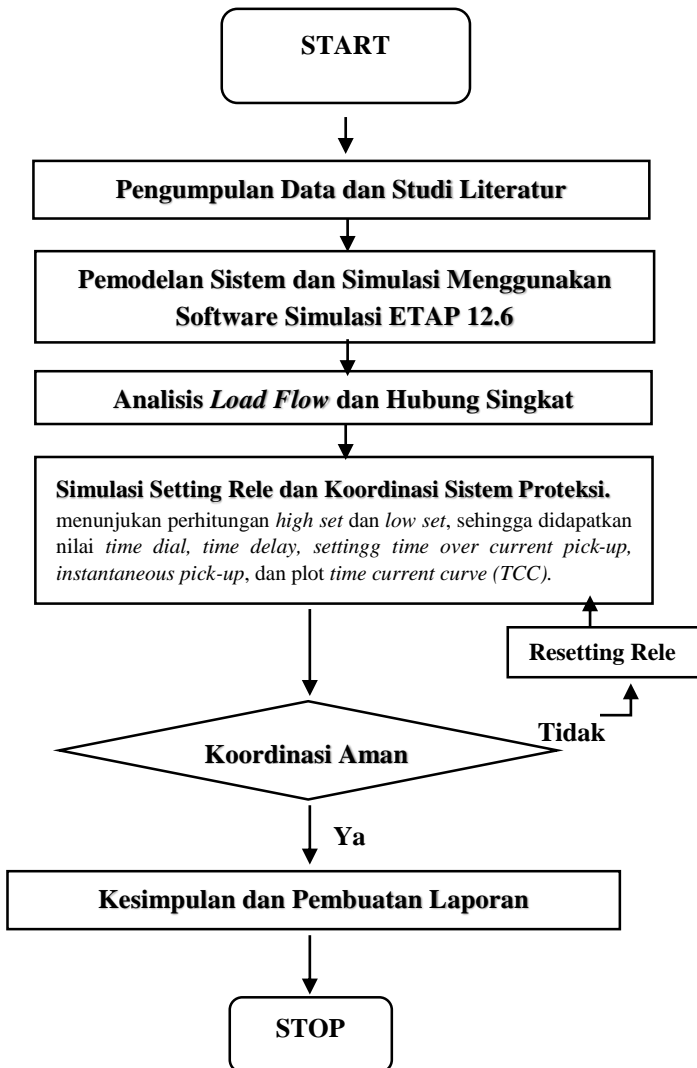
Hasil dari simulasi aliran daya dan hubung singkat digunakan untuk menganalisis setelan dan koordinasi rele-rele pengaman arus lebih gangguan fasa dan gangguan tanah yang terpasang pada sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia. Analisis ini dilakukan dengan menunjukkan perhitungan *high set* dan *low set*, sehingga didapatkan nilai *time dial*, *time delay*, *setting time over current pick-up*, *instantaneous pick-up*, dan plot *time current curve (TCC)*. Dengan simulasi dan Analisis *Short Circuit* ini didapatkan nilai *Short Circuit Maximum* dan *Short Circuit Minimum* pada bus-bus yang akan dihitung koordinasi rele pengamannya. Dimana nilai *Short Circuit* maksimum merupakan *Short Circuit* 3 fasa dan *Short Circuit Minimum* merupakan *Short Circuit* 2 fasa. Dari hasil analisis ini, akan diketahui apakah setelan dan koordinasi rele pengaman arus lebih yang terpasang sudah tepat atau masih perlu diperbaiki lagi sehingga dilakukan *resetting* rele dan koordinasi rele pengaman yang tepat.

5. Plot *TCC* pada *Star-Protective Device Coordination*

Plot *TCC* ini dilakukan setelah mendapatkan hasil perhitungan rele pengaman arus lebih dan rele gangguan ke tanah sehingga bisa dilihat *setting* koordinasi yang benar. Koordinasi rele ini harus memperhitungkan rele yang berada di atasnya atau dibawahnya. Jika terjadi ketidaksesuaian pada kurva koordinasi rele, maka harus dilakukan pengecekan kembali dengan melakukan perhitungan dan simulasi ulang. Apabila koordinasi proteksi telah sesuai maka dilanjutkan dengan pembuatan laporan.

6. Kesimpulan dan Saran

Langkah akhir dari penyusunan tugas akhir ini adalah pembuatan kesimpulan dari hasil analisis dan simulasi yang telah dilakukan. Selain itu juga akan diberikan saran dan rekomendasi tentang penelitian yang telah dilakukan. Alur metodologi penyusunan tugas akhir ini dapat digambarkan dalam *flowchart* pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 *Flow Chart* Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pembahasan yang akan dilakukan, tugas akhir ini dibagi menjadi lima bab dengan sistematika sebagai berikut :

BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab ini meliputi latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat, metodologi, sistematika penulisan dan relevansi dari penulis

BAB 2 : KOORDINASI PROTEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai teori - teori yang digunakan dalam tugas akhir ini, setting rele analog dan digital, rumus setting rele.

BAB 3 : SISTEM KELISTRIKAN PT. VICO INDONESIA, MUARA BADAQ, KUTAI KARTANEGARA

Dalam bab ini dijelaskan metode pelaksanaan studi serta penerapannya dalam studi kasus pada sistem tenaga listrik PT. VICO Indonesia, bagaimana konfigurasinya dan beberapa hal mengenai operasi sistem tenaga listrik PT. VICO Indonesia.

BAB 4 : HASIL SIMULASI DAN ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI PADA PT. VICO INDONESIA

Dalam bab ini akan dibahas mengenai perhitungan-perhitungan dan hasil simulasi yang telah dilakukan. Bab ini menyajikan analisis terhadap koordinasi setelan rele yang baru ketika terjadi hubung singkat serta beberapa rekomendasi untuk setelan rele baru sehingga menghasilkan koordinasi yang lebih baik.

BAB 5 : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil simulasi, studi literatur dan analisis yang telah dilakukan.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB 2

KOORDINASI PROTEKSI SISTEM TENAGA LISTRIK

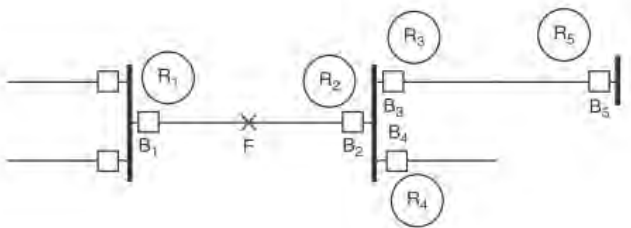
Sistem proteksi atau pengaman merupakan bagian atau komponen pada sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk mengantisipasi apabila terjadi gangguan pada sistem tenaga listrik, serta berfungsi untuk mengamankan peralatan dari kerusakan akibat arus gangguan yang terjadi. Sistem proteksi dilakukan untuk memisahkan bagian yang terjadi gangguan apa tidak, sehingga sistem bisa berjalan dengan aman tanpa adanya kegagalan atau *black out* dan tetap dapat beroperasi meskipun sering terjadi gangguan. Sistem proteksi sangat penting didalam industri sistem tenaga karena dapat mencegah kerugian bahkan kerusakan produksi yang besar akibat padamnya sistem kelistrikan atau peralatan sistem tenaga listrik yang tidak perlu disebabkan oleh adanya gangguan atau *overload*.

Didalam sistem proteksi, salah satunya diperlukan koordinasi rele pengaman agar sistem yang terpasang aman meskipun terjadi gangguan. Koordinasi rele pengaman merupakan proses pengaturan setting arus dan setting waktu dari beberapa rele pengaman yang dibutuhkan agar diperoleh selektivitas dalam pemilihan sehingga dapat melokalisir gangguan yang terjadi dan tidak terjadi *trip* disisi hulu dan hilir pada saat bersamaan [1]. Rele yang terdekat dengan lokasi gangguan harus dapat memutus arus gangguan yang terjadi secepat mungkin agar arus kontribusi bisa berjalan dengan semestinya. Jika rele tersebut gagal mengamankan gangguan, maka rele di atasnya yang menjadi *back up* akan segera bekerja melokalisir gangguan sesuai *setting* waktu yang telah ditentukan. Tetapi relay tidak boleh bekerja jika memang seharusnya tidak bekerja dalam artian relay tidak mengenal *extra day* atau *overtime* [1].

Dalam pemilihan rele pengaman harus mempertimbangkan hal – hal sebagai berikut [5]: proteksi maksimum, proteksi yang handal, operasi cepat, biaya peralatan minimum, desain simpel, sensitivitas tinggi terhadap gangguan, serta tidak sensitif terhadap arus beban normal. Untuk itu diperlukan skema proteksi sistem tenaga listrik yang handal dan memenuhi persyaratan – persyaratan berikut :

1. Mampu mengisolasi dengan cepat bagian dari sistem yang terkena gangguan dan meminimalkan kerusakan pada bagian yang terganggu.
2. Meminimalkan *magnitude* dari arus hubung singkat untuk mengurangi kerusakan pada sistem, komponen dan perlengkapannya.

Zona proteksi diklasifikasikan sebagai primer atau back up. Rele proteksi primer adalah pertahanan pertama terhadap gangguan sistem dan beroperasi pertama untuk mengisolasi gangguan. Umumnya, rele kecepatan-tinggi (misal, waktu operasi breaker 1 *cycle* hingga 3 *cycle*). Jika gangguan tidak terisolasi setelah beberapa waktu delay, proteksi *back up* akan bekerja dengan melakukan trip circuit breaker utama atau dengan melakukan trip circuit breaker pada zona yang berdekatan.



Gambar 2.1 Kehandalan Sistem Proteksi [3]

2.1 Gangguan Sistem Tenaga Listrik

Gangguan pada sistem tenaga listrik adalah segala macam kejadian yang menyebabkan kondisi pada sistem tenaga listrik menjadi abnormal. Gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik sangat beragam jenis dan besarnya sehingga dapat mengakibatkan terganggunya kontinuitas pelayanan dan penyediaan tenaga listrik. Secara umum klasifikasi gangguan sistem tenaga listrik dapat disebabkan oleh 2 faktor, yaitu gangguan yang berasal dari dalam sistem dan gangguan yang berasal dari luar sistem [2]. Penyebab gangguan yang berasal dari dalam sistem :

1. Pemasangan peralatan pada sistem yang kurang baik.
2. Tegangan dan arus abnormal.
3. Beban lebih atau *overload*.
4. Kesalahan sistem mekanis karena proses penuaan.

5. Kerusakan peralatan seperti isolator pecah, kabel cacat isolasinya, kawat putus, dan lain sebagainya.

Sedangkan gangguan yang berasal dari luar sistem antara lain :

1. Gangguan yang bersifat mekanis karena pekerjaan galian saluran lain. Gangguan ini terjadi untuk sistem kelistrikan bawah tanah.
2. Pengaruh cuaca seperti hujan, angin, serta surja petir. Pada gangguan surja petir dapat mengakibatkan gangguan tegangan lebih yang dapat mengakibatkan gangguan hubung singkat karena tembus pada isolasi peralatan (*breakdown*).
3. Pengaruh lingkungan seperti pohon, binatang serta benda asing akibat ulah manusia.

Jenis gangguan (*fault*) pada sistem tenaga listrik dapat dibagi menjadi 2 kelompok [2]:

1. Gangguan yang bersifat temporer, dimana gangguan dapat hilang dengan sendirinya atau dengan bagian yang terganggu diputus secara sesaat dari sumber tegangannya. Gangguan sementara jika tidak dapat hilang dengan seketika, baik hilang dengan sendirinya maupun karena kerja alat pengaman dapat berubah menjadi gangguan permanen.
2. Gangguan yang bersifat permanen, yaitu untuk memperbaikinya diperlukan tindakan perbaikan dan / atau menyingkirkan penyebab gangguan tersebut.

Pada gangguan yang bersifat sementara, setelah arus gangguan diputus misalnya karena circuit breaker terbuka oleh rele pengamannya, peralatan atau saluran yang terganggu tersebut siap untuk beroperasi kembali. Sedangkan untuk gangguan permanen terjadi kerusakan yang bersifat permanen sehingga baru bisa dioperasikan kembali setelah bagian yang rusak diperbaiki atau diganti.

Apabila terjadi gangguan pada suatu sistem akan mengalir arus yang sangat besar pada menuju ke titik gangguan pada fasa yang terganggu, dimana arus gangguan tersebut memiliki nilai yang jauh lebih besar dari rating arus maksimum yang diijinkan, sehingga dapat terjadi kenaikan temperatur / panas pada peralatan yang dapat menyebabkan kerusakan.

2.2 Penyebab Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik

Dalam sistem tenaga listrik tiga fasa, gangguan-gangguan yang dapat menyebabkan timbulnya arus berlebih yang mungkin terjadi

diantaranya gangguan beban lebih (*overload*), gangguan hubung singkat (*short circuit*), dan gangguan tegangan lebih.

2.2.1 Gangguan Beban Lebih

Gangguan beban lebih dikarenakan adanya arus yang mengalir melebihi kapasitas suatu peralatan listrik dan pengamanan yang terpasang. Gangguan ini terjadi karena arus yang mengalir melebihi arus nominal yang diizinkan $I > I_{nom}$ [2]. Pada saat gangguan ini terjadi arus yang mengalir melebihi dari kapasitas peralatan listrik. Bila gangguan ini dibiarkan terus menerus, maka dapat merusak peralatan listrik yang dialiri arus tersebut.

2.2.2 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat dapat terjadi satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, tiga fasa, atau tiga fasa ke tanah. Gangguan hubung singkat dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu gangguan hubung singkat simetri dan gangguan hubung singkat asimetri. Gangguan hubung singkat tiga fasa merupakan gangguan hubung singkat simetri, sedangkan gangguan yang lainnya merupakan gangguan hubung singkat asimetri [6] [7].

Gangguan asimetri akan menyebabkan arus tidak seimbang mengalir dalam sistem sehingga untuk menganalisis gangguan yang terjadi digunakan metode komponen simetri untuk menentukan arus maupun tegangan di semua bagian sistem setelah terjadi gangguan. Gangguan asimetri akan mengakibatkan arus lebih pada fasa yang terganggu dan juga dapat mengakibatkan kenaikan tegangan pada fasa yang tidak terganggu.

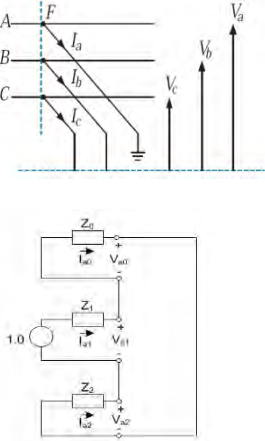
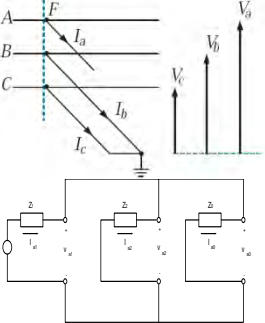
Hampir sebagian besar gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan tidak simetri. Gangguan tak simetri ini terjadi sebagai akibat gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, gangguan hubung singkat dua fasa, atau gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah. Gangguan dapat diperkecil dengan cara pemeliharannya.

Gangguan-gangguan yang timbul karena adanya gangguan hubung singkat antara lain :

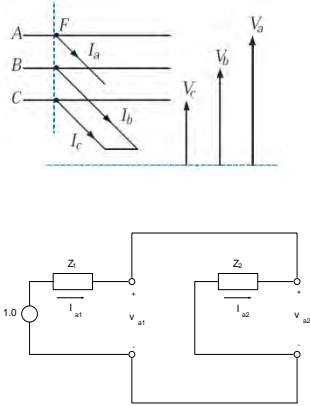
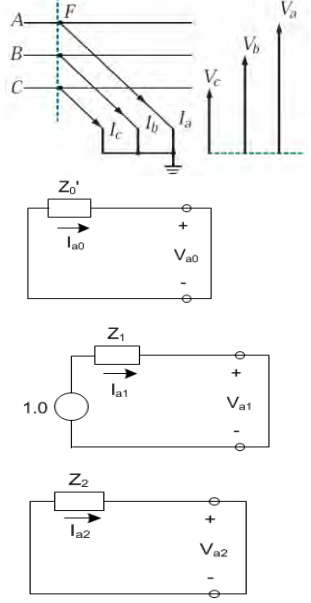
1. Kerusakan pada peralatan yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan oleh arus-arus yang besar, arus tidak seimbang maupun tegangan-tegangan rendah.
2. Stabilitas daya pada sistem menurun.

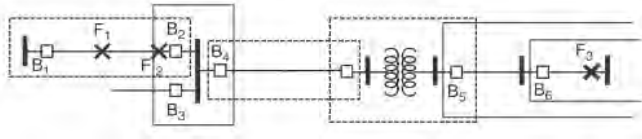
3. Kontinuitas pelayanan listrik ke beban dapat terhenti apabila gangguan hubung singkat tersebut sampai mengakibatkan *circuit breaker* (CB) bekerja sehingga terjadi pemadaman listrik.

Tabel 2.1 Gambar Rangkaian & Gangguan Hubung Singkat [8]

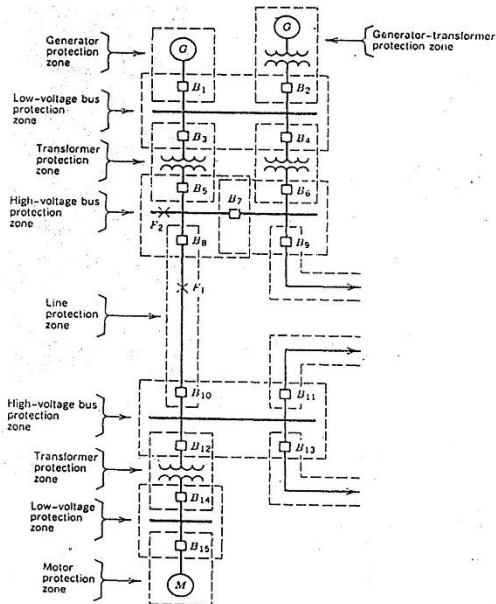
Gangguan Hubung Singkat	Rangkaian Hubung Singkat & Rangkaian Pengganti	Persamaan
1 Fasa ke Tanah		$I_b = 0$ $I_c = 0$ $V_a = 0$ $I_{sc} = \frac{3V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$
2 Fasa ke Tanah		$I_a = 0$ $V_b = 0$ $V_c = 0$ $I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 Z_0 / (Z_2 + Z_0)}$

Tabel 2.1 Gambar Rangkaian & Gangguan Hubung Singkat (Lanjutan)

Gangguan Hubung Singkat	Rangkaian Hubung Singkat & Rangkaian Pengganti	Persamaan
<p>Antar Fasa</p>		$I_a = 0$ $I_b = -I_c$ $V_b = V_c$ $I_{sc} = \left \pm j \frac{\sqrt{3}V_f}{Z_1 + Z_2} \right $
<p>3 Fasa Langsung (Simetri)</p>		$V_{a0} = 0$ $V_{a2} = 0$ $I_{a0} = 0$ $I_{a2} = 0$ $I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1}$ $I_{sc} = \frac{V_f}{Z_1}$



Gambar 2.2 Zona Proteksi Terbuka dan Tertutup [3]



Gambar 2.3 Daerah Pengaman pada Sistem Tenaga Listrik [3]

2.2.3 Gangguan Tegangan Lebih

Gangguan tegangan lebih terjadi apabila ada kelainan dalam sistem. Gangguan tegangan lebih dapat terjadi antara lain karena :

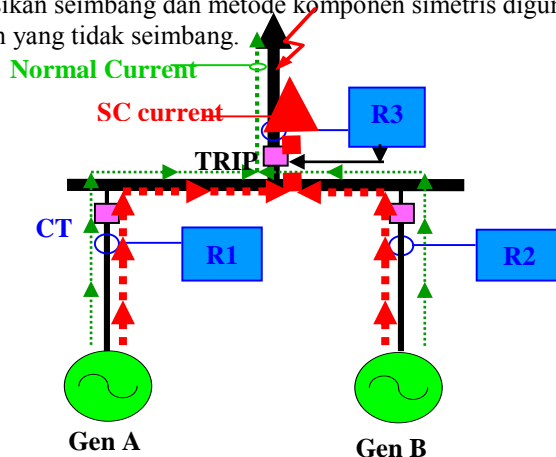
1. Gangguan petir, Bunga api listrik (electrical discharge) diudara, antara awan dengan awan atau awan dengan bumi / tanah merupakan gelombang berjalan dan Tegangan lebih (*over voltage*), Gelombang sambaran petir dapat diklasifikasikan sebagai berikut [2] :

- Sambaran langsung mengenai ril dan atau peralatan Gardu Induk, tidak mungkin ditahan oleh isolasi yang ada.

- Sambaran induksi, awan menginduksikan muatan listrik yang polaritasnya berlawanan dan menimbulkan muatan terikat pada peralatan serta terjadi pelepasan muatan dari awan, merupakan gelombang berjalan yang besarnya tergantung keadaan pelepasan antara 100 s/d 200 KV.
 - Sambaran dekat, gelombang berjalan yang datang ke peralatan Gardu Induk dari sambaran petir pada saluran transmisi.
2. Gangguan surja hubung, diantaranya adalah penutupan saluran yang tidak serempak pada saat pemutusan tiga fasa, penutupan saluran kembali dengan cepat, pelepasan beban akibat gangguan, penutupan saluran yang semula tidak masuk ke dalam sistem dan sebagainya. Jadi tegangan lebih akibat proses switching berkisar antara 1,1 pu sampai 4,25 pu [2].

2.3 Analisis Hubung Singkat

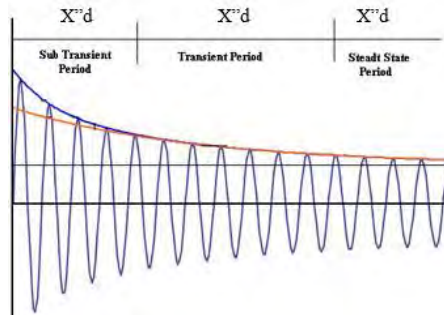
Dalam analisis hubung singkat, semua perhitungan awalnya dianggap ideal (semua tegangan dianggap 1 pu). Kapasitansi charging dan beban statis tegangan diabaikan. *Transformers tap* dapat ditetapkan pada posisi baik nominal maupun posisi tapnya dan skema berbeda yang tersedia untuk sistem impedansi transformator yang benar dan jika off-nominal tersedia. Diasumsikan bahwa suatu gangguan terjadi terbatas pada bus yang diberi gangguan dan resistansi *short circuit* diabaikan. Sistem diasumsikan seimbang dan metode komponen simetris digunakan untuk gangguan yang tidak seimbang.



Gambar 2.4 Arah Aliran Arus Ketika Terjadi Hubung Singkat [1]

2.4 Perhitungan Arus Hubung Singkat

Arus yang cukup tinggi akan mengalir dari sumber ke titik gangguan pada saat terjadi hubung singkat. Sumber arus hubung singkat yaitu : sistem utility, generator, motor sinkron dan motor induksi. Besarnya arus yang mengalir ini dipengaruhi oleh nilai reaktansi sumber dan reaktansi pada rangkaian yang dilalui arus hubung singkat. Reaktansi pada beberapa *cycle* pertama sangat kecil dan arus hubung singkatnya tinggi [9]. Reaktansi pada saat ini disebut dengan reaktansi subtransient atau *subtransient reactance* (X''_d) [4]. Beberapa *cycle* kemudian arus hubung singkat cenderung menurun dan reaktansi pada saat ini disebut dengan reaktansi transien atau *transient reactance* (X'_d) [4] dan akhirnya kondisinya mencapai steady state dan pada saat ini reaktansinya disebut dengan reaktansi sinkron atau *synchronous reactance* (X_d) [4]. Reaktansi pada rangkaian yang dialiri arus hubung singkat dapat dilihat pada gambar 2.5



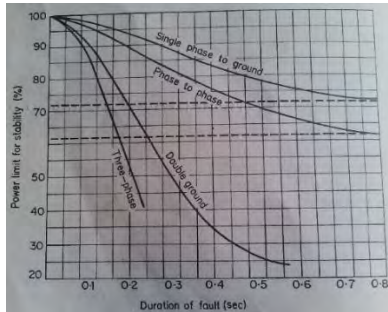
Gambar 2.5 Gelombang Arus Hubung Singkat [9]

Suatu sistem tenaga listrik apabila terjadi gangguan hubung singkat dibiarkan berlangsung maka akan timbul pengaruh yang tidak diinginkan pada sistem, antara lain :

1. Rusaknya peralatan sistem tenaga listrik yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan oleh arus-arus yang besar, arus-arus tak seimbang atau tegangan-tegangan rendah yang terhubung dengan arus hubung singkat.
2. Kemungkinan terjadinya ledakan pada peralatan-peralatan yang mengandung minyak isolasi saat terjadi gangguan hubung singkat dan

yang mungkin menimbulkan kebakaran sehingga dapat membahayakan operator atau manusia dan peralatan yang lain.

3. Suatu sistem yang terkena gangguan dapat terpisah dari sistem interkoneksi. Maka, pengamanan sistem harus dilakukan disetiap peralatan sistem listrik.



Gambar 2.6 Stabilitas Durasi Gangguan Sistem [10]

Perhitungan praktis untuk menghitung besar arus hubung singkat dalam suatu sistem distribusi dapat dilakukan sebagai berikut [11] :

2.4.1 Hubung Singkat Tiga Fasa ke Tanah

Hubung singkat ini melibatkan ketiga fasa. Arus hubung singkat tiga fasa (I_{sc3}) diberikan oleh persamaan berikut :

$$I_{sc3} = \frac{VLN}{X_1} \dots \dots \dots (2.1)$$

Di mana VLN adalah tegangan nominal *line to netral*, dan X_1 adalah reaktansi urutan positif.

2.4.2 Hubung Singkat Antar Fasa

Hubung singkat ini terjadi antara dua fasa tanpa terhubung ke tanah. Arus hubung singkat antar fasa (I_{sc2}) diberikan oleh persamaan berikut :

$$I_{sc2} = \frac{V_{LL}}{X_1 + X_2} = \frac{\sqrt{3} \times VLN}{2 \times X_1} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{sc3} \approx 0.866 I_{sc3} \dots \dots \dots (2.2)$$

2.4.3 Hubung Singkat Fasa ke Netral

Hubung singkat ini terjadi antara salah satu fasa dengan netral. Arus hubung singkat fasa ke netral (I_{sc1}) diberikan oleh persamaan berikut :

$$I_{scI} = \frac{V_{LL}/\sqrt{3}}{Z_{sc} + Z_{LN}} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan Z_{LN} adalah impedansi netral.

2.4.4 Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Hubung singkat ini melibatkan impedansi urutan nol (Z_0), dan besarnya arus hubung singkat ini tergantung sistem pentanahan yang digunakan. Arus hubung singkat antar fasa (I_{sc0}) diberikan oleh persamaan berikut

$$I_{sc0} = \frac{3V_{LN}}{X_1 + X_2 + X_0 + 3 \times Z_g} \dots \dots \dots (2.4)$$

2.5 Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Dalam mengatasi bahaya dari berbagai macam gangguan-gangguan pada sistem tenaga listrik, maka diperlukan rele pengaman. Sistem tenaga listrik dibutuhkan untuk menghasilkan dan mengalirkan energi listrik ke konsumen oleh karena itu sistem tersebut haruslah dirancang dengan baik agar kontinuitas terjaga, handal dan ekonomis. Dalam membangun sistem tenaga listrik diperlukan biaya yang banyak karena peralatan yang berbagai macam dan sistem yang rumit. Biaya tersebut diharapkan memiliki sistem pengaman yang baik dan tepat.

Oleh karena itu dalam pengoperasiannya untuk menjamin keandalan, rele pengaman harus memenuhi persyaratan sebagai berikut [2] :

- **Kecepatan Bereaksi**

Saat mulai ada gangguan sampai pelepasan pemutus (Circuit Breaker), dimana kadang-kadang diperlukan kelambatan waktu :

$$t_{op} = t_p + t_{cb}$$

t_{op} = waktu total

t_p = waktu bereaksi dari unit rele

t_{cb} = waktu pelepasan CB

Kecepatan pemutus arus gangguan dapat mengurangi kerusakan serta menjaga stabilitas operasi mesin-mesin. kecepatan bereaksi rele pengaman memberi sinyal kepada pemutus tenaga (PMT) agar dapat beroperasi secepat mungkin saat terjadi gangguan sehingga keamanan sistem terjaga. Waktu bereaksi diusahakan sesingkat mungkin sehingga kerusakan yang terjadi semakin kecil, serta dapat mengurangi meluasnya akibat dari adanya gangguan itu sendiri sehingga kestabilan sistem menjadi lebih baik.

- **Kepekaan Operasi (*sensitivity*)**

Kemampuan rele pengaman untuk memberikan respon bila merasakan gangguan.

$$K_s = I_{hsmin} / I_{pp}$$

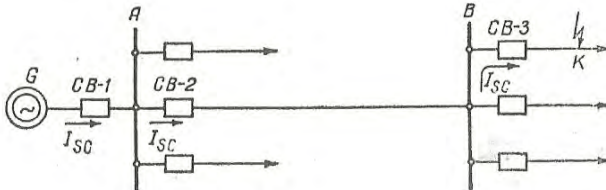
$I_{hs\ min}$ = arus hubung singkat minimum

I_{pp} = arus pick-up pada sisi primer trafo arus

kemampuan rele pengaman untuk mendeteksi gangguan yang paling kecil sekalipun dan beroperasi dengan benar sesuai dengan setelannya sebelum gangguan yang terjadi dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan.

- **Selektif (*selectivity*)**

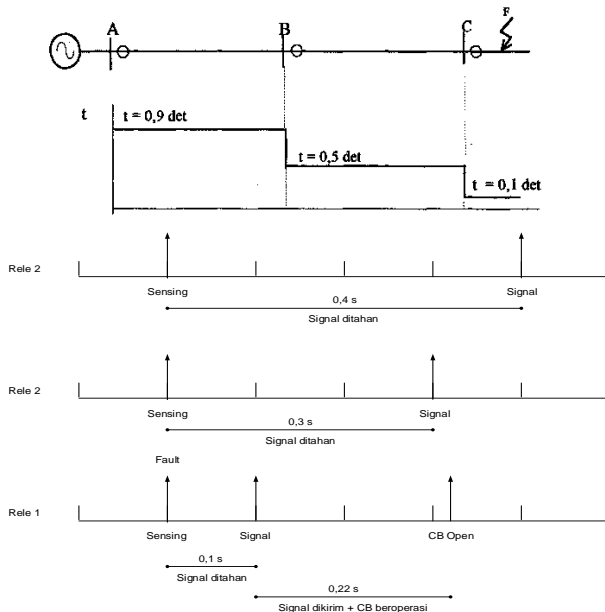
Kemampuan rele pengaman untuk menentukan titik dimana gangguan muncul dan memutuskan rangkaian dengan membuka CB terdekat. Untuk mengkoordinasikan rele agar menjadi selektif adalah melakukan perhitungan hubung singkat dengan cermat dan memperhatikan karakteristik dari rele tersebut



Gambar 2.7 Kemampuan Rele Pengaman Menentukan Gangguan

- **Keandalan (*Reliability*) dan Koordinasi**

Jumlah rele yang bekerja atau mengamankan terhadap jumlah gangguan yang terjadi. Keandalan rele yang baik adalah 90-99 %. rele dapat dikatakan handal Keandalan dapat dihitung dari jumlah rele yang bekerja untuk mengamankan gangguan berbanding jumlah gangguan yang terjadi. Semakin tinggi keandalan maka sistem tersebut semakin baik dan dapat meminimalkan terjadinya kerusakan akibat gangguan. Untuk mendapatkan keandalan yang tinggi tentunya tidak lepas dari kualitas peralatan dan cara pemasangannya. Keandalan harus memenuhi beberapa faktor yaitu : *dependable* : peralatan harus trip ketika dibutuhkan, *secure* : tidak boleh trip saat tidak dibutuhkan dan *availability* : perbandingan antara waktu dimana rele pengaman dalam keadaan siap kerja dan waktu total operasinya.



Gambar 2.8 Bagan Waktu Koordinasi Rele Pengaman [2]

- **Ekonomis**

Penggunaan rele selain memenuhi syarat diatas, juga harus disesuaikan dengan harga peralatan yang diamankan.

2.6 Peralatan Transformator [2]

Transformator ada dua macam yaitu Transformator Tenaga dan Transformator Peralatan, ada alat bantu pengukuran dan alat bantu pengaman. Sedangkan Transformator Peralatan sendiri ada dua macam yaitu Transformator Arus (*Current Transformator*) dan Transformator Tegangan (*Potential Transformator*). Berikut ini klasifikasi Transformator Peralatan :

2.6.1 Trafo Arus (*Current Transformator*)

Current Transformer (CT) merupakan peralatan yang berfungsi mentransformasikan besaran arus listrik agar dapat diaplikasikan untuk keperluan pengukuran ataupun proteksi. CT digunakan jika arus yang

mengalir melalui jaringan terlalu besar sehingga tidak sesuai dengan rating peralatan pengukuran maupun proteksi. Selain itu, CT juga berfungsi untuk mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primernya. Prinsip kerja tranformator arus sama dengan transformator 1 fasa. Ketika arus mengalir pada kumparan primer maka akan timbul gaya gerak magnet yang kemudian menghasilkan fluks pada inti. Fluks tersebut kemudian akan mengalir menuju kumparan sekunder dan menghasilkan tegangan terinduksi pada kumparan sekunder. Pengaruh yang ada pada transformator arus yaitu impedansi beban, frekuensi, dan sudut phasa sekunder. Jika terminal pada sisi sekunder tertutup dan tranformator tersebut merupakan transformator ideal maka berlaku persamaan:

$$I_p \times N_p = I_s \times N_s \text{ atau } \frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan :

N : Jumlah belitan kumparan primer

N : Jumlah belitan kumparan sekunder

I_p : Arus kumparan primer

I_s : Arus kumparan sekunder

2.6.2 Trafo Tegangan (*Potential Transformator*)

Trafo tegangan adalah peralatan yang mentransformasi tegangan sistem yang lebih tinggi ke suatu tegangan sistem yang lebih rendah untuk peralatan indikator, alat ukur/meter dan untuk relai proteksi sistem tenaga listrik. Fungsi dari trafo tegangan yaitu mentransformasikan besaran tegangan sistem dari yang tinggi ke besaran tegangan listrik yang lebih rendah sehingga dapat digunakan untuk peralatan proteksi dan pengukuran yang lebih aman, akurat dan teliti, Mengisolasi bagian primer yang tegangannya sangat tinggi dengan bagian sekunder yang tegangannya rendah untuk digunakan sebagai sistm proteksi dan pengukuran peralatan dibagian primer. Sebagai standarisasi besaran tegangan sekunder (100, $100/\sqrt{3}$, $110/\sqrt{3}$ dan 110 volt) untuk keperluan peralatan sisi sekunder. Pengaruh yang ada pada transformator tegangan yaitu perubahan tegangan, frekuensi, arus sekunder (VA), power faktor sekunder.

Berikut ini pembagian klasifikasi peralatan transformator :

Transformator tegangan :

3P ; 6P	(pengaman)
0,2 ; 0,5 ; 1 ; 3	(pengukuran)

Transformator arus :

5P ; 10P (pengaman)
0,1 ; 0,2 ; 0,5 ; 1,5 ; 3 ; 5 (pengukuran)

Disamping itu ada kapasitas peralatan transformator, sebagai berikut :

Transformator tegangan :

10 ; 15 ; 25 ; 30 ; 50 ; 75 ; 100 ; 150 ; 200 ; 300 ; 400 ; 500 VA

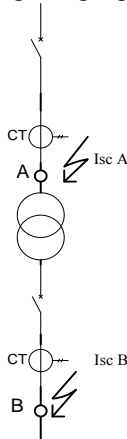
Transformator arus :

2,5 ; 5 ; 10 ; 15 ; 30 VA

Diatas 30 VA untuk penggunaan yang khusus

Secara umum pada Transformator, dapat di gunakan standard sisi primer dan sisi sekunder sebagai berikut :

- Sekunder CT : 5 A atau 1 A
- Primer CT : 10 ; 12,5 ; 15 ; 20 ; 25 ; 30 ; 40 ; 50 ; 60 ; 75 ; 100 ; 150 ; 200 ; 250 ; 300 ; 400 ; 500 ; 600 ; 800 ; 1000 ; 1200 ; 1500 ; 2000 ; 2500 ; 3000 ; 4000 ; 5000 A
- Sekunder PT : 100 V; 110 V; 100/V $\sqrt{3}$; 110/V $\sqrt{3}$ V
- Primer PT : sesuai dengan tegangan sistem



Gambar 2.9 Rele Arus Lebih Pengaman Trafo

2.7 Rele Sebagai Peralatan Pengaman

Rele merupakan salah satu peralatan sistem tenaga listrik yang digunakan untuk memberinya sinyal kepada pemutus tenaga (PMT) agar

dapat memutuskan atau menghubungkan pelayanan penyaluran pada elemen sistem tenaga listrik. Rele dapat memberi sinyal kepada PMT untuk memutuskan suatu saluran pada sistem tenaga listrik jika terjadi gangguan di titik operasi.

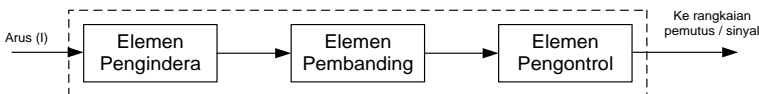


Gambar 2.10 Skema Konsep Kerja Rele Pengaman

Rele melakukan pengukuran dan perbandingan operasi dasar input dalam bentuk gerakan kontak. Keadaan keluaran dari rele adalah menutup (*close*) dan ditahan (*block*). Jika keadaan tertutup maka rele akan memberikan sinyal untuk melakukan proses pembukaan dari PMT dimana pada gilirannya akan mengisolasi gangguan dari bagian sistem tenaga listrik lain. Pada dasarnya rele pengaman terdiri dari sebuah elemen operasi dan seperangkat kontak. Elemen operasi menerima masukan dari transformator bantu, yaitu *current trasnformator* (CT) dan *potential transfromator* (PT).

2.8 Elemen Dasar Rele Pengaman

Rele pengaman biasanya dipisahkan menjadi tiga elemen dasar seperti terlihat pada gambar 2.11 :



Gambar 2.11 Bagan Elemen Dasar Rele Pengaman

Berdasarkan pada skema kerja diatas, elemen dasar rele pengaman dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- **Elemen Pengindra.**

Elemen ini berfungsi untuk merasakan besaran-besaran listrik seperti arus, tegangan, frekuensi, dan sebagainya tergantung rele yang digunakan. Pada elemen ini besaran yang masuk akan dirasakan keadaannya apakah keadaan yang diproteksi mendapatkan gangguan atau dalam keadaan normal yang untuk selanjutnya besaran tersebut dikirimkan ke elemen pembanding. Komponen yang berfungsi sebagai elemen pengindra adalah transformator arus (CT).

- **Elemen Pembanding**

Elemen ini berfungsi menerima besaran setelah terlebih dahulu besaran itu diterima oleh elemen pengindra untuk membandingkan besaran listrik pada saat keadaan normal dengan besaran yang *disetting* pada rele. Komponen yang berfungsi sebagai elemen pembanding ini adalah rele, yang bekerja setelah mendapatkan besaran dari elemen pengindra dan membandingkan dengan besar arus penyetelan dan kerja rele.

- **Elemen Kontrol**

Elemen ini berfungsi untuk mengadakan perubahan secara cepat pada besaran ukurnya dan akan segera memberikan isyarat untuk membuka *circuit breaker* atau memberikan sinyal. Komponen yang berfungsi sebagai elemen kontrol adalah kumparan penjatuh (*trip-coil*).

2.9 Rele Arus Lebih (*Over Current Relay*)

Rele arus lebih atau *Over Current Relay* merupakan rele yang beroperasi ketika arus yang mengalir melebihi batas yang diizinkan. Rele akan bekerja apabila memenuhi keadaan sebagai berikut [12]:

$$\begin{array}{ll} I_f > I_p & \text{rele bekerja} & (\text{trip}) \\ I_f < I_p & \text{tidak bekerja} & (\text{blok}) \end{array}$$

Dimana I_p merupakan arus kerja yang dinyatakan menurut gulungan sekunder dari trafo arus (CT). Dan I_f merupakan arus gangguan yang juga dinyatakan terhadap gulungan sekunder CT. Rele arus lebih ini hampir melindungi semua bagian pada sistem tenaga listrik misalnya jaringan transmisi, trafo, generator, dan motor. Rele arus lebih dapat berupa Rele arus lebih waktu tertentu, Rele arus lebih waktu invers, Rele arus lebih waktu instan.

Rele arus lebih digunakan untuk mengamankan gangguan beban lebih (overload) dan gangguan hubung singkat (short circuit) [2]. Rele ini memiliki prinsip kerja yaitu ketika CT sebagai sensing dari rele ini dilewati arus yang melebihi nilai settingnya maka rele ini akan segera bekerja. Dengan kata lain, rele akan beroperasi ketika arus yang mengalir melebihi batas yang diizinkan.

2.9.1 Penyetelan Rele Arus Lebih

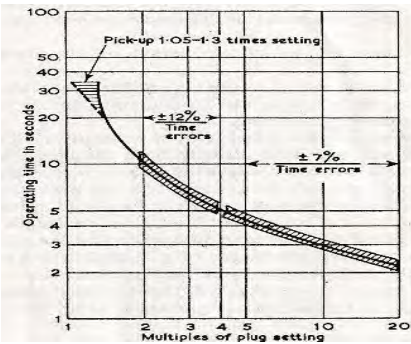
Gangguan yang terjadi pada saluran transmisi adalah gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, maka penyetelannya juga berbeda

sehingga akan diuraikan kriteria penyetelannya untuk gangguan fasa dan gangguan tanah secara terpisah.

Pada dasarnya rele arus lebih memiliki fungsi sebagai pengaman gangguan hubung singkat, tetapi dalam beberapa hal dapat berfungsi sebagai pengaman beban lebih. Fungsi dari rele arus lebih selain sebagai pengaman utama untuk bagian yang diamankan juga berfungsi sebagai pengaman cadangan (*back up*) pada bagian berikutnya. Hal ini apabila arus lebih diapakai pada sistem dsitribusi tegangan menengah. Namun pada saluran transmisi tegangan tinggi rele arus lebih berfungsi sebagai *back up*, dimana rele jarak sebagai pengaman utama.

2.9.2 Penyetelan Rele Arus Lebih Gangguan Fasa

Penyetelan arus untuk arus lebih memiliki batasan besarnya arus. Batas penyetelan rele arus lebih adalah rele tidak boleh bekerja pada saat beban maksimum. Arus *setting* yang ditentukan harus lebih besar dari arus beban maksimum.



Gambar 2.12 Batas ketelitian Setting Arus Berdasarkan BS 142-1983

Berdasarkan pada gambar 2.12 batas penyetelan harus memperhatikan kesalahan pick up, menurut Standart British BS 142-1983 batas penyetelan antara nominal 1.05 – 1.3 I_{set} . Mengacu pada standart tersebut, pada tugas akhir ini menggunakan konstanta 1.05 I_{set} . Jadi untuk setingnya dapat dilihat sebagai berikut :

$$I_{set} = \geq 1,05 \times I_{nominal}..... (2.6)$$

$$I_s = \frac{I_{set}}{\text{rasio_ct}} \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana :

I_s = arus *setting*

Pemilihan tap yang digunakan = I_s / I_n

Seting arus actual $I_{set} = \text{tap} \times I_n \times \text{CT}$

Dicari nilai dibawahnya yang terdekat.

Pada penyetelan rele arus lebih juga harus memperhatikan batas maksimum seting , untuk alasan keamanan dan back up hingga ke sisi muara (*downstream*) estimasi seting ditetapkan :

$$I_{set} \leq 0,8 I_{sc2,min} \dots\dots\dots (2.8)$$

$I_{sc2,min}$ adalah arus hubung singkat dua fase dengan pembangkitan minimum yang terjadi diujung saluran seksi berikutnya. Besar arus ini diperoleh dari arus hubung singkat tiga fase pada pembangkitan minimum dikalikan 0,866. Mengacu pada konsep diatas persyaratan setelan arus dapat dirumuskan sebagai berikut :

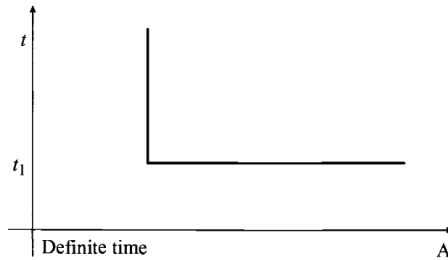
$$1,05 I_{maks} < I_{set} \leq 0,8 I_{sc2,min} \dots\dots\dots (2.9)$$

Penggunaan pada operasi yang selektif, apabila terdapat beberapa rele arus lebih pada suatu jaringan radial. Maka rele pada ujung yang terjauh dari sumber penyetelannya harus dapat bekerja pada waktu yang sesingkat mungkin. Pada jenis rele arus lebih, yang memiliki karakteristik inverse, setelan waktu ditentukan pada saat arus gangguan maksimum.

2.9.3 Karakteristik Rele Arus Lebih

2.9.3.1 Rele Arus Lebih Waktu Tertentu (*Definite Time*)

Dalam penggunaan rele arus lebih waktu tertentu ini dapat diatur waktu operasi yang bervariasi berdasarkan level arus yang berbeda [13]. Penggunaan sistem rele ini dapat disesuaikan sedemikian rupa sehingga PMT yang paling dekat dengan sumber gangguan akan bekerja (*trip*) lebih cepat daripada yang lain, dan pengaman sisanya akan *trip* lebih cepat daripada yang lain, dan pengaman sisanya akan *trip* setelah waktu tunda (*time delay*) yang diberikan gangguan masih terus berlanjut. Pada rele arus lebih waktu tertentu, semua level arus yang melebihi *pick-up setpoint*-nya akan diputuskan dalam waktu yang sama (*definite*) [14]. Gambar 2.13 menunjukkan karakteristik rele arus lebih waktu tertentu.

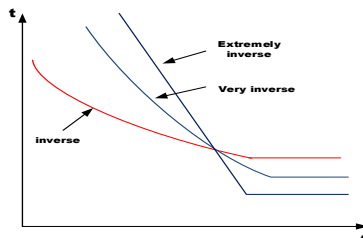


Gambar 2.13 Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Tertentu (*Definite Time*).

2.9.3.2 Rele Arus Lebih Waktu Invers (*Time Inverse*)

Waktu operasi yang dimiliki rele arus lebih waktu *inverse* berbanding terbalik dengan besarnya arus gangguan [15]. Jadi semakin besar arus gangguan maka rele akan beroperasi dalam waktu yang semakin cepat dan sebaliknya jika arus gangguan yang muncul kecil maka rele akan beroperasi pada waktu yang lama. Karakteristik kerja rele arus lebih waktu inverse digambarkan dalam kurva arus-waktu atau disebut juga *time current curve* (TCC). TCC adalah kurva dengan skala dalam *time dial*. Semakin besar *time dial*, semakin lama waktu operasi dari rele tersebut [16].

Karakteristik *inverse* ini dijelaskan dalam standar IEC 60255-3 dan BS 142. Standar-standar ini mendefinisikan beberapa jenis perlindungan waktu *inverse* yang dibedakan oleh gradien kurvanya, yaitu *standart inverse*, *very inverse* dan *extremely inverse* [17]. Pada IEEE juga diberikan standar lain untuk rele arus lebih waktu invers, yaitu *moderately inverse*, *long time inverse*, dan *short time inverse* [5].



Gambar 2.14 Karakteristik *Standart Inverse*, *Very Inverse* dan *Extremely Invers*

Rele arus lebih memiliki setelan *pick up* dan *time dial*. *Pick up* adalah nilai arus minimum agar rele bekerja. Untuk menentukan setelan *pick up* perlu dipertimbangkan besarnya arus nominal yang mengalir. Setelan *pick up* harus lebih besar dari arus nominal yang mengalir, agar rele tidak trip ketika arus yang mengalir mencapai nilai maksimum. Pada rele arus lebih, nilai arus *pick up* ditentukan dengan pemilihan tap. Untuk menentukan besarnya nilai *tap*, maka digunakan persamaan berikut :

$$Tap = \frac{I_{set}}{CT_{primary}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Iset adalah besarnya arus pick up dalam ampere. Dalam aplikasi praktis dilapangan. Digunakan setelan 115%-150% dari arus nominal. Namun pemilihan *Iset* tergantung pada keperluannya, pada motor pick arus lebih diambil 115% dari arus beban penuh [13][17], feeder dan trafo diambil *iset* 120% dari arus beban penuhnya [17].

Waktu operasi rele ditentukan oleh setelan *time dial*. Untuk menentukan *time dial* dari masing-masing kurva karakteristik invers rele arus lebih dapat digunakan persamaan sebagai berikut [16][18]:

$$td = \frac{k \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{I}{I_{set}} \right)^{\alpha} - 1 \right]} \dots\dots\dots (2.11)$$

Di mana :

- td = *time dial*
- T = waktu operasi (detik)
- I = nilai arus (Ampere)
- Iset* = arus *pickup* (Ampere)
- k = koefisien invers 1 (lihat Tabel 2.2)
- α = koefisien invers 2 (lihat Tabel 2.2)
- β = koefisien invers 3 (lihat Tabel 2.2)

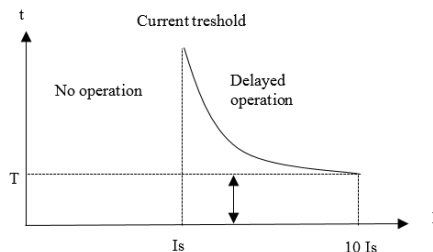
Tabel 2.2 Koefisien Invers *Time Dial*

Type Kurva	Koefisien		
	k	α	β
<i>Standard Inverse</i>	0,14	0,02	2,970
<i>Very Inverse</i>	13,50	1,00	1,500
<i>Extremely Inverse</i>	80,00	2,00	0,808

2.9.3.3 Rele Arus Lebih Inverse Definite Minimum Time (IDMT)

Karakteristik rele ini mempunyai kombinasi antara *inverse* dan *definite time*. Rele bekerja *inverse* jika arus gangguan minimum melebihi *setting* arus setting rele, sedangkan apabila arus gangguan maksimum rele bekerja pada daerah *definite* maka akan tergantung pada setelan waktunya.

Rele harus mampu bekerja pada kondisi pembangkitan minimum untuk gangguan 2 fasa untuk karakteristik IDMT. Arus setting harus lebih besar dari arus beban penuh. Penyetelannya pun harus memperhatikan kesalahan pick up sesuai dengan british standart pick up $= 1.05 \text{ s/d } 1.3 \text{ Iset}$.

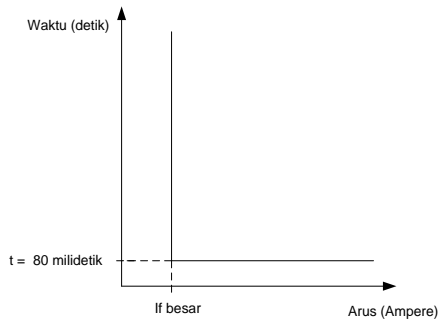


Gambar 2.15 Karakteristik Waktu IDMT Rele

2.9.3.4 Rele Arus Lebih Waktu Instan

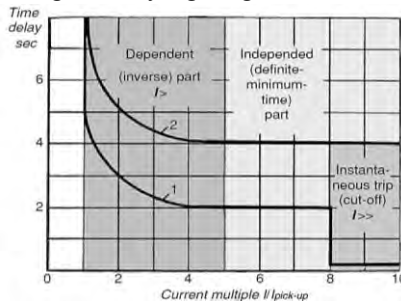
Dalam penerapannya, rele arus lebih waktu inverse dengan karakteristik IDMT kurang efektif dalam mengamankan gangguan. Karena semakin dekat gangguan yang terjadi dengan sumber, maka magnitudo arus yang mengalir akan semakin besar, tetapi waktu memutus terlalu lama. Sedangkan tingkat keamanan sistem proteksi dinilai dari kecepatan sistem proteksi memutus gangguan. Oleh sebab itu, perlu ditambahkan bantuan rele arus lebih instan sehingga menghasilkan sistem proteksi yang lebih baik [4].

Prinsip kerja jenis rele ini adalah tanpa penundaan waktu, tetapi masih bekerja dengan waktu cepat sebesar 0.1 detik, pada umumnya kurang dari 0.08 detik [14], dapat dilihat pada gambar 2.16



Gambar 2.16 Karakteristik Rele Arus Lebih Instan

Rele dengan kakateristik ini bekerja sesuai dengan besarnya arus gangguan yang dipilih. Dalam setting koordinasi proteksi pada sistem distribusi tegangan menengah disebut dengan setting moment/instant. Misalnya pada saat terjadi gangguan hubung singkat, CB terbuka dalam waktu cepat sekali (80 ms), yang berarti gangguan hubung singkat yang muncul gangguan dengan arus yang sangat besar.



Gambar 2.17 Kombinasi IDMT dengan Rele Arus Lebih Waktu Instan [13]

Rele arus lebih bekerja secara seketika apabila ada arus lebih yang mengalir melebihi batas yang diinginkan. Bekerjanya rele dengan karakteristik ini berdasarkan arus gangguan hubung singkat yang dipilih. Untuk perhitungan setelan *pick up* rele instan, sama dengan perhitungan tap rele arus lebih waktu *inverse*.

Pertimbangan dalam menentukan nilai *pick up* instant adalah berdasarkan karakteristik peralatan yang dilindungi. Untuk pengaman *feeder* yang dipisahkan oleh trafo, koordinasi pengaman dibedakan menjadi dua daerah yaitu sisi tegangan rendah (LV) dan sisi tegangan tinggi (HV) [17].

Syarat setelan *pick up* instan pada tipe koordinasi harus memenuhi syarat berikut :

$$I_{sc \max \text{ bus } B} \leq I_{set} \leq 0.8 I_{sc \min \text{ bus }, A} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana $I_{sc \max \text{ bus } B}$ merupakan arus hubung singkat tiga fasa maksimum di titik B, sedangkan $0.8 I_{sc \min \text{ bus }, A}$ merupakan arus hubung singkat minimum pada titik A.

2.10 Koordinasi Rele Arus dan Waktu

Susunan rele pengaman dalam suatu sistem kelistrikan terdiri dari rele pengaman utama dan rele pengaman cadangan (*back up*). Antara rele pengaman utama dan rele pengaman *back up* harus dikoordinasikan agar rele tidak bekerja secara bersamaan maka diperlukan waktu tunda (*time delay*). Waktu kerja minimal antara rele utama dan rele *backup* adalah 0.2 – 0.35 detik [5].

Waktu buka CB : 0.04 – 0.1s (2-5 cycle)

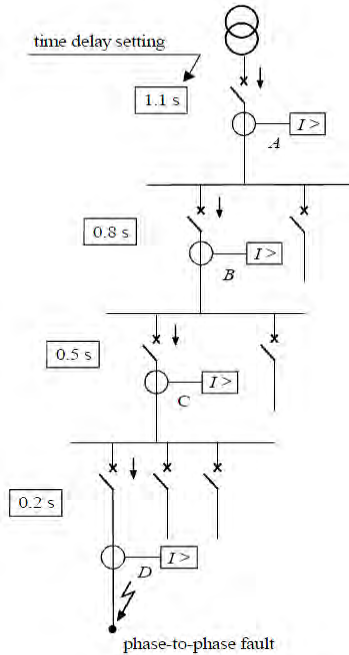
Overtravel dari rele : 0.1s

Faktor keamanan : 0.12-0.22s

Untuk rele berbasis *Microprocessor Overtravel Time* dari rele diabaikan. Sehingga total waktu yang diperlukan adalah 0.2-0.4s [5]. Perbedaan waktu ini untuk memastikan bahwa gangguan di sisi hilir telah berhasil padam, sehingga kemungkinan trip serentak dapat dihindarkan. Untuk memberikan koordinasi yang baik, setelan *pickup* rele - rele tersebut harus memenuhi syarat berikut [17]:

$$I_{set A} > I_{set B} > I_{set C} > I_{set D} \dots\dots\dots(2.13)$$

Pada aplikasi praktis, sering digunakan batas 125% dari nilai *pickup* rele di bawahnya. Sedangkan pada setelan waktu, dikenal adanya setting kelambatan waktu (Δt) atau *grading time* [19].



Gambar 2.18 Koordinasi Setelan Arus dan Waktu [17]

2.11 Rele Gangguan Tanah (*Ground Fault Relay*)

Rele gangguan tanah merupakan rele pengaman arus lebih yang dilengkapi *dengan zero sequence current filter*. Rele gangguan tanah bekerja untuk mengamankan gangguan satu fasa dan dua fasa ke tanah. Rele gangguan tanah digunakan pada sistem yang membatasi arus gangguan tanah. Misalnya sistem pentanahan netral dengan pentanahan resistansi dimana impedansi yang rendah mampu mengurangi arus gangguan ke tanah. Pada rele gangguan tanah *range* setelan yang digunakan 20% - 80% dari rating arusnya atau bahkan lebih rendah, 10% - 40% [17], referensi lain menggunakan 10% - 50% [18].

$$5 - 10\% \times I_{scL-G} \leq I_{set} \leq 50\% I_{scL-G} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dengan I_{scL-G} merupakan arus hubung singkat satu fasa ke tanah.

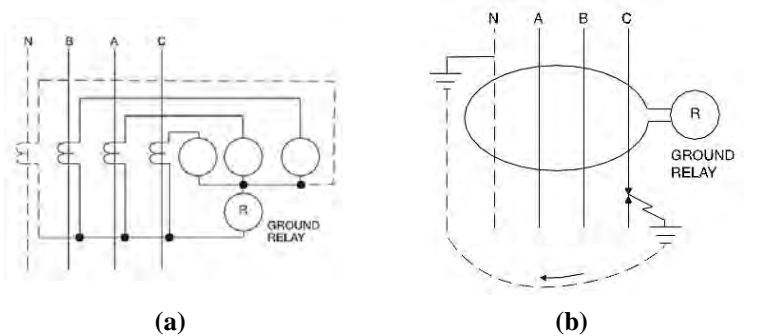
Prinsip kerja rele ini seperti pada gambar 2.19. Pengaman rele ini akan aktif jika arus sisa $I_{res} = I_a + I_b + I_c$ yang mengalir naik melebihi setelan *threshold* [5][17].

Simetri

$$I_r = I_a + I_b + I_c = 0 \dots\dots\dots(2.15)$$

Asimetri

$$I_r = I_a + I_b + I_c = 3I_{ao} \dots\dots\dots(2.16)$$



Gambar 2.19 (a) Rangkaian *Zero Sequence Current Filter* (b) Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

BAB 3

SISTEM KELISTRIKAN

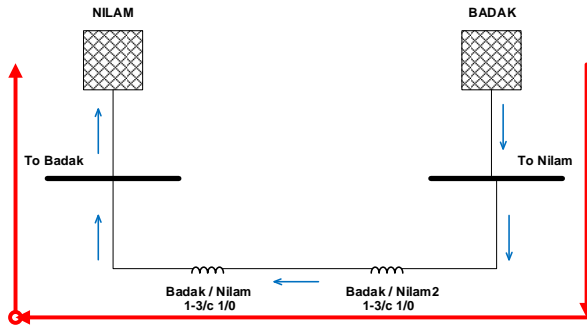
PT. VICO INDONESIA

MUARA BADAK, KUTAI KARTANEGARA

PT. VICO Indonesia atau Virginia Indonesia Company, LLC adalah salah satu perusahaan Kontraktor Kontrak Kerja Sama (KKKS) yang ditunjuk oleh SKKMIGAS (dulu BPMIGAS) untuk melakukan proses pengeboran minyak dan gas bumi. Perusahaan ini awalnya didirikan oleh pengusaha minyak yang berasal dari Texas, Roy Huffington dan pengusaha asal Virginia, *General Arch Sproul* dengan nama HUFFCO Indonesia yang merupakan singkatan dari *Huffington Company* Indonesia terletak di kecamatan Muara Badak, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur.

3.1 Sistem Kelistrikan PT. VICO Indonesia

PT. VICO Indonesia memiliki system kelistrikan yang besar dan cukup kompleks. Pada perusahaan ini ada 4 sistem kelistrikan yang tersebar berdasarkan 7 lapangan produksi minyak yaitu Badak, Nilam, Samberah, Mutiara, Pamaguan, Beras, dan Lempake. Kegiatan usaha inti pada VICO Indonesia adalah memproduksi minyak dan gas, dan maka dari itu pasti butuh pembangkitan listrik untuk peralatan listrik yang ada seperti motor, generator, dll. PT. VICO Indonesia melayani kebutuhan suplai daya ke beban – bebanya, di Lapangan Badak dan Nilam dengan mengoperasikan 4 TG (*Turbine Generator*) masing – masing 2.5 MW dan 4 DG (*Diesel Generator*) sebagai cadangan pembangkitan. Sistem distribusi yang digunakan dengan tegangan distribusi 4.16 Kv dan tegangan 0.38 Kv untuk tegangan rendahnya. *Single Line Diagram* sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia yang telah disederhanakan dapat dilihat pada gambar 3.1. Sedangkan *Single Line Diagram* yang lengkap dapat dilihat dilampiran.



Gambar 3.1 Single Line Diagram Sistem Kelistrikan PT. VICO Indonesia

3.2 Jumlah Total Pembangkitan, Pembebanan dan *Demand*

Summary dari jumlah total pembangkitan, pembebanan dan *demand* dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1 Jumlah Total Pembangkitan, Pembebanan dan *Demand*

	MW	Mvar	MVA	%PF
<i>Source (swingbus)</i>	7.7	4.247	9.625	80
<i>Source (non swingbus)</i>	7.398	3.641	7.882	81.81
<i>Total Motor Load</i>	4.639	2.235	2.924	90.39
<i>Total Static Load</i>	10.45	4.982	12.111	90.11
<i>Total Demand</i>	15.098	7.888	17.507	80.905
<i>Apparent Losses</i>	0.009	0.671	-	-

3.3 Kapasitas Pembangkitan

Sistem pembangkitan utama yang terdapat pada sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia adalah terdapat pada lapangan Badak dan Nilam. Total pembangkitan baik di Nilam maupun di Badak ada 14 pembangkit. Pada lapangan Badak sendiri memiliki 6 pembangkit yaitu 3 TG(Turbine Generator) : TG-6700, TG-6710, TG-6720 masing – masing memiliki 2.5 MW. Dan juga mempunyai 3 DG (Diesel Generator) yaitu, DG(*Diesel Generator*)-1, DG(*Diesel Generator*)-4, DG(*Diesel Generator*)-5 masing – masing memiliki 304 kW. Sedangkan pada sistem kelistrikan dilapangan Nilam memiliki 8 pembangkit yaitu 1 TG(*Turbine Generator*) yaitu TG-0050 yang memiliki kapasitas 2.5 MW. Serta memiliki DG

(Diesel Generator)– 2, Gen1_Imp Actual, Gen_Imp_Typical, Gen 2, dan Gen 4, GG (Gas Generator)-1, GG (Gas Generator)-2. Tetapi pada kenyataannya hanya TG (Turbine Generator) baik di lapangan Badak maupun Nilam yang beroperasi, sedangkan untuk pembangkit lain seperti DG (Diesel Generator) dan GG (Gas Generator) hanya *stand by* atau sebagai cadangan di sistem kelistrikan tersebut. Data kapasitas pembangkitan tertera pada tabel 3.2 dan tabel 3.3

Tabel 3.2 Data Kapasitas Pembangkit Lapangan Badak, VICO Indonesia

No	ID	MW	MVA	kV	%PF	%Eff	Rpm	FLA
1	TG - 6700	2.5	3.125	4.16	80	96	1500	433.7
2	TG – 6710	2.7	3.375	4.16	80	96	1500	468.4
3	TG – 6720	2.5	3.125	4.16	80	96	1500	433.7
4	DG – 1	0.66	0.825	4.16	80	95	1500	114.5
5	DG – 4	0.304	0.38	0.38	80	95	1500	577.4
6	DG - 5	0.304	0.38	0.38	80	95	1500	577.4

Tabel 3.3 Data Kapasitas Pembangkit Lapangan Nilam, VICO Indonesia

No	ID	MW	MVA	kV	%PF	%Eff	Rpm	FLA
1	TG - 0050	2.5	3.125	4.16	80	96	1500	433.7
2	DG – 2	0.11	0.138	0.4	80	95	1500	198.5
3	Gen 1_Imp Actual	0.54	0.635	0.38	85	95	1500	964.8
4	Gen_Imp_Typical	0.54	0.635	0.38	85	95	1500	964.8
5	Gen 2	0.25	0.294	0.38	85	95	1500	446.9

Tabel 3.3 Data Kapasitas Pembangkit Lapangan Nilam, VICO Indonesia (Lanjutan)

No	ID	MW	MVA	kV	%PF	%Eff	Rpm	FLA
6	Gen 4	0.25	0.294	0.38	85	95	1500	446.9
7	GG-1	0.47	0.588	4.16	80	95	1500	81.61
8	GG-2	0.47	0.588	4.16	80	95	1500	81.61

3.4 Skema Operasi

Pada sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia terdapat skema operasi normal yaitu perusahaan VICO Indonesia pada lapangan Badak, Pembangkit memberikan kontribusi daya ke beban badak itu sendiri dan juga ke beban lapangan Nilam itu menggunakan Case “Normal”. Sedangkan pada lapangan Nilam, pembangkit hanya memberikan kontribusi daya ke beban Nilam itu sendiri. Jika menggunakan Case “Nilam Only” yaitu hanya mengharapkan kontribusi daya pada pembangkit Nilam saja, tanpa memakai kontribusi daya dari pembangkit Badak, maka sistem tidak berjalan dengan normal, bahkan tidak bisa berjalan. Tetapi jika menggunakan Case “Badak Only” yaitu pembangkit Badak memberikan kontribusi daya ke beban Badak itu sendiri, maka sistem berjalan dengan normal tanpa ada masalah.

3.5 Sistem Transmisi dan Distribusi di PT. VICO Indonesia

3.5.1 Sistem Transmisi

PT. VICO Indonesia menggunakan sistem transmisi dengan tegangan 33 kV untuk menyalurkan daya listrik dari lapangan Badak ke lapangan Nilam sejauh 15 km. dari tegangan terbangkit generator dengan total kapasitas 7.7 MW dan memiliki tegangan keluaran 4.16 kV dinaikkan dengan transformator *step up* menjadi tegangan 33 Kv.

3.5.2 Sistem Distribusi

Sistem distribusi adalah kesatuan peralatan yang bekerja menyalurkan tenaga listrik dari sumber ke beban. Sistem distribusi tenaga listrik yang digunakan oleh PT. VICO Indonesia adalah sistem radial . Sistem ini terdiri dari sepasang sumber yang masuk atau sepasang feeder dari substation lain yang memiliki rating yang sama serta terhubung dengan dua buah substation yang memiliki

rating yang sama juga. Dua substation tersebut dihubungkan oleh sebuah normally open tie circuit breaker. Tipe radial dengan feeder merupakan modifikasi yang lebih menguntungkan dari pada tipe lainnya, terutama dalam hal kontinuitas tenaga listrik yang disalurkan. Antara sistem penyulang radial yang satu dengan yang lainnya dipasang tie atau switch pemisah (*Load Break Switch*), yang fungsinya sebagai penghubung ketika gangguan terjadi. Keuntungan dari sistem distribusi radial adalah dapat meningkatkan keandalan sistem yaitu apabila salah satu feeder mengalami gangguan maka suplai daya akan dipindahkan ke feeder lain yang tidak terganggu melalui circuit breaker penghubung yang segera menutup.

Pada sistem distribusi kelistrikan PT. VICO Indonesia tegangan output generator disalurkan melalui tegangan menengah bus 4.16 kv yang langsung di distribusikan ke masing – masing bus beban, kemudian dari tiap – tiap bus ini tegangan akan diturunkan. Tegangan menengah ini akan diturunkan dengan trafo *step down* menjadi tegangan rendah 0.38 Kv.

PT. VICO Indonesia mempunyai banyak transformator untuk menyuplai beban – beban yang digunakan. Tabel 3.3 menunjukkan data beberapa bus pada lapangan Badak, tabel 3.4 menunjukkan data beberapa bus pada lapangan Nilam, dan tabel 3.5 menunjukkan data beberapa transformator daya yang ada pada di PT. VICO Indonesia.

Tabel 3.4 Data Beberapa Bus Lapangan Badak

No	Bus	Tegangan
1	To Badak	33 kV
1	Station #1-A	4.16 kV
2	Station #1-B	4.16 Kv
3	Bus13	4.16 Kv
4	NF1	4.16 Kv
5	NST6	4.16 Kv
6	N-5/9/10	4.16 kV
7	N-4/5	4.16 kV
8	NSAT	4.16 Kv
9	Bus9	4.16 kV
10	Bus15	4.16 kV
11	N-T28	4.16 Kv
12	Pole S13	4.16 kV
13	SWGR-8	4.16 kV

Tabel 3.4 Data Beberapa Bus Lapangan Badak
(Lanjutan)

No	Bus	Tegangan
14	SWGR-14	4.16 kV
15	SWGR-15	4.16 kV
16	SWGR-6	0.38 Kv
17	MCC-4A	0.38 Kv
18	MCC-4B	0.38 Kv
19	MCC-5	0.38 Kv
20	TUNU	0.38 kV
21	MCC-8	0.38 kV
22	SWGR-11A	0.38 Kv
23	SWGR-11B	0.38 kV
24	SWGR-16A	0.38 Kv
25	SWGR-16B	0.38 Kv

Tabel 3.5 Data Beberapa Bus Lapangan Nilam

No	Bus	Tegangan
1	To Nilam	33 kV
2	SWGR-1001	33 kV
3	Bus8	33 Kv
4	Bus11	33 kV
5	SWYRD SAT2	33 kV
6	SWYRD SAT1	33 kV
7	SWYRD SAT4	33 kV
8	SWYRD SAT5	33 kV
9	SWYRD SAT6	33 kV
10	SWG/MCC-1000	4.16 Kv
11	Prm100 4	4.16 Kv
12	Prm1001	4.16 Kv
13	Bus2	4.16 Kv
14	SWGR-1005	4.16 Kv
15	Bus12	4.16 kV
16	SD-36	4.16 kV
17	SLK	0.38 kV
18	Mud Plant	0.38 kV
19	Bus 19	0.38 kV

Tabel 3.5 Data Beberapa Bus Lapangan Nilam
(Lanjutan)

No	Bus	Tegangan
20	MCC SAT2	0.38 kV
21	MCC SAT5	0.38 kV
22	MCC-400	0.38 kV

Tabel 3.6 Data Beberapa Transformator Lapangan Badak dan Nilam

No	Trafo ID	MVA	Tegangan (Kv)		Impedansi	
			Primer	Sekunder	%Z	X/R
1	T1	0.225	4.16	0.38	4	2.6
2	T-2	0.225	4.16	0.38	4	2.6
3	T 3	0.75	4.16	0.38	4.5	3.96
4	T4	3	4.16	33	6.28	7.2
5	T6	0.5	4.16	0.38	4	4.3
6	T7	0.75	4.16	0.38	3.8	4.9
7	T8	0.225	4.16	0.38	4	2.6
8	T10	1	4.16	0.38	5.6	5.3
9	T21	0.225	4.16	0.38	4	4.3
10	T22	0.075	4.16	0.38	4	1.4
11	T23	0.075	4.16	0.38	4	1.4
12	T24	0.75	4.16	0.38	4	4.9
13	T25	0.75	4.16	0.38	4	4.9
14	T48	2	4.16	0.38	6	7.1
15	T-1000	3	4.16	33	6.28	7.2
16	T-1001	2	4.16	0.38	6	7.1
17	T-1002	0.63	4.16	0.38	4	4.6
18	T-1004	2	4.16	0.38	6	7.1
19	T 100	0.5	33	4.16	4	4.3
20	T-101	0.075	4.16	0.38	3.7	1.4
21	T-102	0.05	4.16	0.38	3	1
22	T-103	0.3	0.38	4.16	5.1	2.9
23	T-104	0.225	4.16	0.38	4	2.6

Tabel 3.6 Data Beberapa Transformator Lapangan Badak dan Nilam
(Lanjutan)

No	Trafo ID	MVA	Tegangan (Kv)		Impedansi	
			Primer	Sekunder	%Z	X/R
24	T-201	0.63	33	0.38	4	6.6
25	T-401	0.63	33	0.38	4	4.6
26	T-501	0.63	33	0.38	3	1.4
27	T-601	0.63	33	0.38	7.25	3.96

3.6 Fasilitas Peralatan Utama pada *PLANT / SATELLITTE* dan Pembebanan

Berikut ini Fasilitas Peralatan Utama pada *PLANT / SATELLITTE*. Deskripsi rinci dan spesifikasi dapat diakses melalui MAXIMO (sistem manajemen pemeliharaan komputerisasi). Secara total Aset umum di semua bidang, Lapangan Pengeboran Badak, Nilam, Semberah, Mutiara / Pamaguan digambarkan sebagai berikut :

- A. Turbine Compressor
 - unit kompresor turbin Rolls Royce Avon beroperasi dan 1 unit sebagai cadangan
 - 21 unit kompresor turbin surya dalam operasi dan 1 unit sebagai cadangan
- B. Turbin Power Generator
 - unit Solar turbin beroperasi dan 1 unit sebagai cadangan
- C. Kompresor Reciprocating
 - 32 unit sendiri kapasitas berbagai kompresor
 - 16 unit kompresor sewa
- D. Wellhead Compressor
 - 30 unit di Badak, Nilam, Semberah dan Mutiara
- E. VRU - uap Memulihkan Satuan Compressor
 - 3 unit FGRU
 - Recovery Unit Flare Gas: 2 Unit
- F. Reciprocating Generator
 - 16 unit mesin Gas dan 14 unit mesin Diesel
- G. Pompa
 - 26 unit pompa Minyak Mentah
 - 18 unit PWD-Produce Pembuangan Pompa Air

- 12 unit Fire Pump
- 21 unit Condensate Pump
- 14 unit Vertikal dan Sump Pump
- 17 unit Glycol Pump
- 15 unit K.O. Drum Pump
- 11 unit Pemulihan dan API Pompa Separator
- H. Real Time Well Head Surveillance (RTWHS)
 - 100 unit di Badak
 - 156 unit di Nilam
 - 31 unit di Semberah
 - 57 unit di Mutiara / Pamaguan
- I. Dyna kumparan
 - 51 unit di Badak
 - 5 unit di Nilam
 - 6 unit di Semberah
 - 4 unit di Mutiara
- J. Air Compressor Instrument
 - 6 unit di Badak
 - 6 unit di Nilam
 - 8 unit di Semberah
 - 11 unit di Mutiara
- K. Nitrogen Plant at Badak and Nitrogen Generator at Nilam
- L. Turbine Control Panel
 - 29 units at all areas
- M. Fire & Gas Devices
- N. Heat Exchanger
- O. Emergency Shutdown Valve
- P. Glycol and Fuel Gas Filtering System
- Q. Transmitter/Recorder
- R. Control Valve
- S. Gas Operating Valve
- T. Glycol Re-contactor
- U. Fan Cooler
 - 80 units at all areas and
 - 9 units of Lube Oil Cooler
- V. MOV – Motor Operated Valve
- W. Electric Motor
 - 74 units of Cooler and
 - 20 units of H.V Electric motor at all areas

- X. Distribution Panel
 - 428 units at all areas
- Y. MCC – Motor Control Center:
 - 33 units at all areas
- Z. Switch Gear
 - 28 units at all areas

- AA. Switch Yard
 - 7 units above 33KV at all areas
- BB. Transformer
 - 46 units at all areas
- CC. UPS – Un-interruptible Power Supply
 - 28 units at all areas
- DD. Battery Charger
 - 105 units at all areas
- EE. Electrical Pull box
- FF. Grounding
- GG. Junction Box
- HH. Blower

- II. Mixer

Tabel 3.7 Data Beberapa Motor di Lapangan Badak dan Nilam

No	ID	Rating	kVA	kV	FLA	Rpm
1	M-7610A	300 HP	262	0.38	398	1500
2	M-7610B	300 HP	250	0.38	380.6	3000
3	M-7610C	300 HP	263	0.38	400	3000
4	M-7610D	300 HP	263	0.38	400	3000
5	P-4820	600 HP	511	4.16	70.89	3000
6	P-4830	600 HP	511	4.16	70.89	3000
7	P-4840	600 HP	511	4.16	70.89	3000
8	C-2160	350 HP	300	4	43.24	3000
9	P-2500A	450 HP	416	4	60	3000
10	P-2500B	450 HP	416	4	60	3000
11	P-3450	300 HP	257	4	37.12	3000
12	P-2500C	450 HP	416	4	60	3000

3.7 Sistem Pentanahan

Untuk mengamankan sistem dari gangguan satu fasa dan dua fasa ke tanah pada distribusi sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia dan sistem transmisi pada sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia pada tegangan 33 kV diperlukan sistem pentanahan yang sesuai.

3.7.1 Sistem Pentanahan Generator

Sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia menggunakan sistem tegangan 33 kV yang ditransmisikan dari sistem kelistrikan lapangan Badak ke lapangan Nilam, kemudian di turunkan oleh trafo step down menjadi 4.16, lalu pembangkit mendistribusikan ke beban melalui tegangan 0.38 Kv. Berikut ini adalah data sistem pentanahan generator dapat dilihat pada tabel 3.8 dan tabel 3.9

Tabel 3.8 Data Sistem Pentanahan Generator di Lapangan Badak

No	Generator ID	Rating Tegangan	Hubungan Belitan	Pentanahan
1	TG - 6700	4.16	Bintang	NGR 36 A
2	TG – 6710	4.16	Bintang	NGR 36 A
3	TG – 6720	4.16	Bintang	NGR 36 A
4	DG – 1	4.16	Bintang	NGR 36 A
5	DG – 4	0.38	Bintang	Solid
6	DG - 5	0.38	Bintang	Solid

Tabel 3.9 Data Sistem Pentanahan Generator di Lapangan Nilam

No	ID	Rating Tegangan	Hubungan Belitan	Pentanahan
1	TG - 0050	4.16	Bintang	NGR 36 A
2	DG – 2	0.4	Bintang	Solid
3	Gen 1_Imp Actual	0.38	Bintang	Solid
4	Gen_Imp_Typical	0.38	Bintang	Solid
5	Gen 2	0.38	Bintang	Solid
6	Gen 4	0.38	Bintang	Solid
7	GG-1	4.16	Bintang	NGR 36 A
8	GG-2	4.16	Bintang	NGR 36 A

3.7.2 Sistem Pentanahan Trafo

Sistem pentanahan trafo pada system kelistrikan PT. VICO Indonesia menggunakan beberapa jenis pentanahan trafo untuk sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik. Sistem pentanahan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.10

Tabel 3.10 Data Sistem Pentanahan Trafo pada VICO Indonesia

No	Trafo ID	MVA	Tegangan (Kv)		Hubungan Belitan	Pentanahan
			Primer	Sekunder		
1	T1	0.225	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid
2	T-2	0.225	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid
3	T 3	0.75	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid
4	T4	3	4.16	33	Delta-Bintang	Solid
5	T6	0.5	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid
6	T7	0.75	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid
7	T8	0.225	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid
8	T10	1	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid
9	T21	0.225	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid
10	T22	0.075	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid
11	T23	0.075	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid
12	T24	0.75	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid
13	T25	0.75	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid
14	T48	2	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid

Tabel 3.10 Data Sistem Pentanahan Trafo pada VICO Indonesia
(Lanjutan)

No	Trafo ID	MVA	Tegangan (Kv)		Hubungan Belitan	Pentanahan
			Primer	Sekunder		
15	T-1000	3	4.16	33	Delta-Bintang	Solid
16	T-1001	2	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid
17	T-1002	0.63	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid
18	T-1004	2	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid
19	T-100	0.5	33	4.16	Delta-Bintang	Solid
20	T-101	0.075	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid
21	T-102	0.05	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid
22	T-103	0.3	0.38	4.16	Bintang-Delta	Solid
23	T-104	0.225	4.16	0.38	Delta-Bintang	Solid
24	T-201	0.63	33	0.38	Delta-Bintang	Solid
25	T-401	0.63	33	0.38	Delta-Bintang	Solid
26	T-501	0.63	33	0.38	Delta-Bintang	Solid
27	T-601	0.63	33	0.38	Delta-Bintang	Solid

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB 4

HASIL SIMULASI DAN ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI PT. VICO INDONESIA

4.1 Pemodelan dan Analisis Sistem Kelistrikan PT. VICO Indonesia

Pemodelan sistem kelistrikan pada PT. VICO Indonesia dilakukan dengan cara menggambarkan *single line diagram* pada *software* simulasi ETAP 12.6. Untuk membuat *single line diagram* di *software* ETAP 12.6 dibutuhkan data-data peralatan yang meliputi data yang meliputi generator, transformator, motor, kabel, bus, rele *eksisting* dan sistem pentanahan.

Setelah pemodelan selesai, dilanjutkan dengan melakukan analisis aliran daya untuk mengetahui kondisi sistem pada saat steady state. Dengan analisis aliran daya (*load flow*) ini dapat diketahui aliran daya, tegangan bus, faktor daya tiap *feeder*, pembebanan bus, pembebanan transformator dan rugi - rugi daya listrik.

4.2 Pemilihan Tipikal Koordinasi *Setting* Rele Pengaman pada PT. VICO Indonesia

Pada koordinasi pengaman arus lebih PT. VICO Indonesia dipilih 3 tipikal yang mewakili dari 2 plant utama keseluruhan sistem. Tipikal-tipikal tersebut dipilih atas dasar saluran terpanjang, arah aliran daya (*load flow*), rele terbanyak yang terkoordinasi dengan sistem kelistrikan. 3 tipikal tersebut meliputi 1 tipikal dari generator ke beban di *plant* atau sistem kelistrikan Badak, 1 tipikal dari generator ke beban di *plant* atau sistem kelistrikan Nilam, dan 1 tipikal dari generator Badak ke beban Nilam,

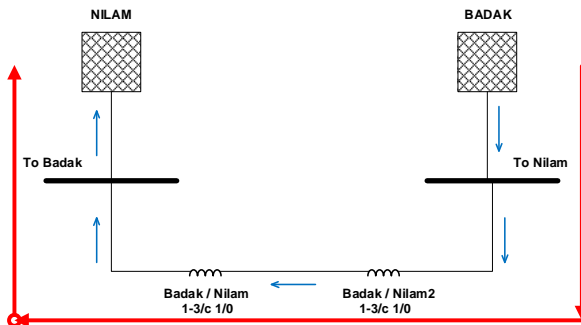
1. Koordinasi pengaman sistem kelistrikan Badak dari generator TG-6700 sampai transformator T24. Pemilihan tipikal ini atas dasar saluran terpanjang dari generator menuju beban yang ada di Badak. Pada tipikal ini juga dicantumkan koordinasi dengan *sync bus*. Rele pengaman yang dikoordinasikan adalah LVCB-M8-1, Rele GFR-8/1, Rele R8/1, Rele R-8/2, Rele R10, Rele R-TieSW1, Rele R-6700, Rele R-6700-GND, dan Rele 3.
2. Koordinasi pengaman sistem kelistrikan Nilam dari generator TG-0050 sampai transformator T-1001. Pemilihan tipikal ini atas dasar saluran terpanjang dari Nilam itu sendiri. Rele pengaman yang

dikoordinasikan adalah LVCB-1003/6, LVCB-1003/2, Rele 50G-1, Rele OCR 1000/52-1, dan Rele OCR-TG 50.

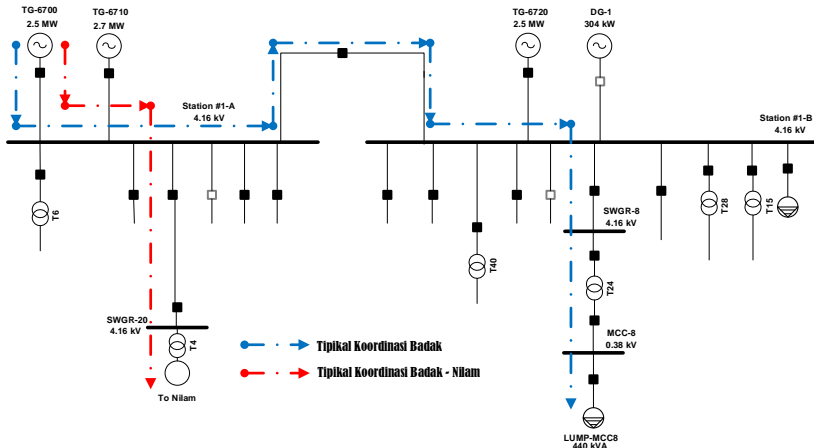
3. Koordinasi pengaman sistem kelistrikan dari generator Badak ke Beban Nilam, mulai generator TG-6700 sampai transformator T-601. Pemilihan tipikal ini merupakan jalur terpanjang dari sistem kelistrikan Badak ke Nilam. Rele pengaman yang dikoordinasikan adalah LVCB S6-1, Rele MIF-SAT-5, Rele MIF-SAT-4 Rele OCR 1001/2, Rele REF615_Nlm, Rele REF615_Bdk, Rele R-T4N, Rele R4, Rele R-6700, Rele R-6700-GND dan Rele 3.

Sedangkan untuk koordinasi pengaman gangguan ke tanah (*ground fault*) dipilih 3 tipikal yaitu pada Tipikal Badak, Tipikal Nilam dan Tipikal Badak - Nilam.

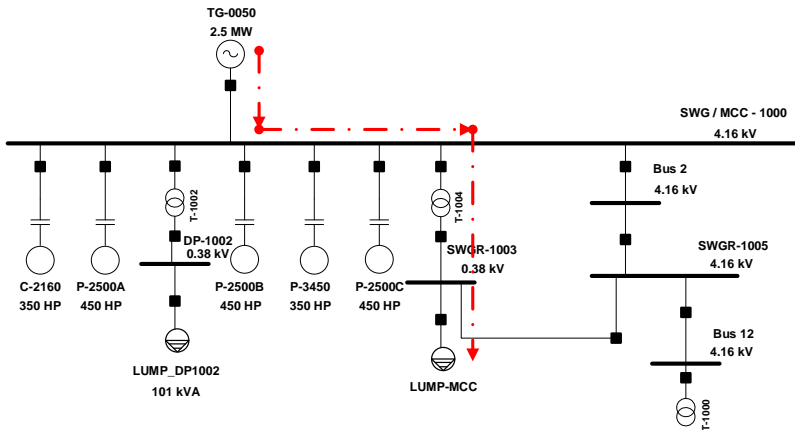
Arus kontribusi sistem kelistrikan Badak – Nilam dapat dilihat pada gambar 4.1, tipikal koordinasi Badak dan tipikal koordinasi Badak - Nilam dapat dilihat pada gambar 4.2, tipikal koordinasi Nilam dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.1 Arus Kontribusi Sistem Kelistrikan Badak – Nilam



Gambar 4.2 Tipikal Koordinasi Badak dan Badak – Nilam



Gambar 4.3 Tipikal Koordinasi Nilam

4.3 Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat

Setelah melakukan analisis aliran daya (*load flow*), maka langkah selanjutnya adalah analisis hubung singkat (*short circuit*) menggunakan *software* ETAP 12.6. Analisis gangguan hubung singkat dilakukan untuk mengetahui besar arus gangguan hubung singkat di setiap bus pada tipikal

yang telah dipilih. Ada 2 parameter arus gangguan hubung singkat yang digunakan, yaitu arus gangguan hubung singkat minimum dan maksimum. Nilai arus gangguan hubung singkat maksimum adalah ketika terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa pada saat $\frac{1}{2}$ cycle, 4 cycle dan 30 cycle. Sedangkan nilai arus hubung singkat minimum adalah saat terjadi gangguan hubung singkat antar fasa pada saat 30 cycle. Nilai arus gangguan tersebut digunakan dalam perhitungan setting rele pengamanan arus lebih.

4.3.1 Analisis Hubung Singkat Minimum

Analisis hubung singkat minimum terjadi pada saat pembangkitan minimum, yaitu pada saat jumlah generator minimum bekerja normal. Analisis Arus hubung singkat minimum adalah arus hubung singkat 2 fasa pada saat 30 cycle atau *steady state*. Besar arus gangguan hubung singkat minimum diperlukan untuk setting rele seketika. Arus hubung singkat minimum terjadi ketika pembangkitan minimum. Pada sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia, pembangkitan minimum yaitu ketika hanya ada 3 generator yang diaktifkan. Pada sistem kelistrikan Badak ada 2 generator yang diaktifkan, yaitu generator TG-6700 dan generator TG-6710. Sedangkan pada sistem kelistrikan Nilam ada 1 generator saja yang diaktifkan, yaitu generator TG-0050. Arus hubung singkat minimum digunakan sebagai patokan dalam menentukan *pickup* kurva waktu instan. Sehingga ketika terjadi gangguan hubung singkat minimum rele akan bekerja dengan instan sesuai *time delay* yang telah ditentukan sehingga arus gangguan dapat dinetralisir dengan cepat. Dari hasil simulasi gangguan hubung singkat 2 fasa 30 cycle didapatkan nilai berikut ini :

Tabel 4.1 Data Arus Hubung Singkat Minimum

No	ID Bus	Tegangan	Arus Hubung Singkat 2 Fasa 30 Cycle
1.	N6700	4.16 kV	5.744 kA
2.	Station #1-A	4.16 kV	5.752 kA
3.	Station #1-B	4.16 kV	5.752 kA
4.	SWGR-8	4.16 kV	4.929 kA
5.	NP-T24	4.16 kV	4.885 kA
6.	MCC-8	0.38 kV	17.112 kA
7.	Bus 13	4.16 kV	5.635 kA

Tabel 4.1 Data Arus Hubung Singkat Minimum (Lanjutan)

No	ID Bus	Tegangan	Arus Hubung Singkat 2 Fasa 30 Cycle
8.	SWGR-20	4.16 kV	5.601 kA
9.	SWGR-1001	33 kV	0.497 kA
10.	Bus 8	33 kV	0.496 kA
11.	SWYRD SAT4 33kV	33 kV	0.478 kA
12.	SWYRD SAT5 33Kv	33 kV	0.465 kA
13.	SWYRD SAT6 (33Kv)	33 kV	0.450 kA
14.	MCC SAT #6 380V	0.38 kV	8.985 kA
15.	SWG/MCC-1000	4.16 kV	3.869 kA
16.	Prm1001	4.16 kV	3.812 kA
17.	SWGR-1003B	0.38 kV	21.026 kA
18.	MCC-1003	0.38 kV	20.566 kA
19.	To Badak	33 kV	0.497 kA
20.	To Nilam	33 kV	0.508 kA

4.3.2 Analisis Hubung Singkat Maksimum

Analisis hubung singkat maksimum terjadi pada saat pembangkitan maksimum, yaitu pada saat semua generator bekerja normal. Arus hubung singkat maksimum adalah arus hubung singkat 3 fasa pada saat 30 cycle atau steady state. Arus hubung singkat maksimum terjadi ketika pembangkitan maksimum. Pada sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia, pembangkitan maksimum yaitu ketika ada 6 generator yang diaktifkan, yaitu 4 TG (*Turbine Generator*) dan 2 GG (*Gas Generator*), diantaranya adalah TG-6700, TG-6710, TG-6720, TG-0050, Gen1_Imp Actual, Gen_Imp_typical. Arus hubung singkat maksimum dapat dilihat pada saat 0,5 cycle, 4 cycle dan 30 cycle. Arus hubung singkat maksimum 0.5 cycle digunakan untuk setting rele differensial, karena rele differensial bekerja pada 1-3 cycle. Arus hubung singkat maksimum 4 cycle digunakan untuk setting rele arus lebih dengan time delay antara 0.08 sekon sampai 0.5 sekon atau untuk mengetahui batas dari rele dengan setting seketika atau dengan waktu tunda kurang dari 0.6 detik dari rele arus lebih fasa. Sedangkan arus hubung singkat maksimum 30 cycle digunakan untuk setting rele arus lebih dengan time delay 0.6 sekon atau lebih. Pada tugas akhir ini, yang digunakan adalah arus hubung singkat maksimum 4 cycle dan 30 cycle untuk setting dalam

perumusan *time dial*. Data hasil simulasi gangguan hubung singkat 3 fasa 4 cycle dan 30 cycle ditunjukkan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Data Arus Hubung Singkat Maksimum

No	ID Bus	Tegangan	Arus Hubung Singkat 3 Fasa 4 Cycle	Arus Hubung Singkat 3 Fasa 30 Cycle
1.	N6700	4.16 kV	15.796 kA	7.468 kA
2.	Station #1-A	4.16 kV	15.905 kA	7.489 kA
3.	Station #1-B	4.16 kV	15.905 kA	7.489 kA
4.	SWGR-8	4.16 kV	11.459 kA	6.295 kA
5.	NP-T24	4.16 kV	11.204 kA	6.231 kA
6.	MCC-8	0.38 kV	24.706 kA	20.377 kA
7.	Bus 13	4.16 kV	14.741 kA	7.328 kA
8.	SWGR-20	4.16 kV	14.477 kA	7.279 kA
9.	SWGR-1001	33 kV	0.984 kA	0.643 kA
10.	Bus 8	33 kV	0.983 kA	0.642 kA
11.	SWYRD SAT4 33kV	33 kV	0.917 kA	0.616 kA
12.	SWYRD SAT5 33Kv	33 kV	0.871 kA	0.597 kA
13.	SWYRD SAT6 (33Kv)	33 kV	0.821 kA	0.575 kA
14.	MCC SAT #6 380V	0.38 kV	11.492 kA	10.611 kA
15.	SWG/MCC-1000	4.16 kV	7.801 kA	4.216 kA
16.	Prm1001	4.16 kV	7.622 kA	4.156 kA
17.	SWGR-1003B	0.38 kV	36.064 kA	23.540 kA
18.	MCC-1003	0.38 kV	34.734 kA	22.887 kA
19.	To Badak	33 kV	0.984 kA	0.643 kA
20.	To Nilam	33 kV	0.999 kA	0.656 kA

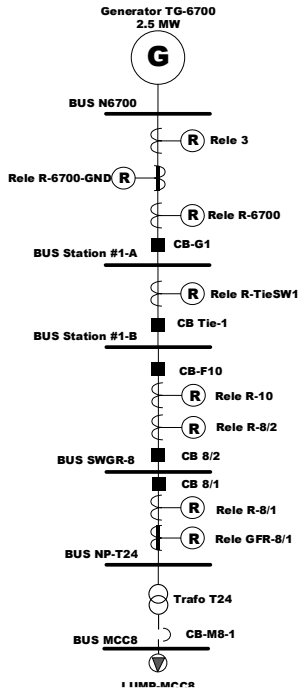
4.4 Analisis Sistem Eksisting Pengaman Arus Lebih Fasa

Analisis dilakukan dengan melihat kurva TCC dari eksisting peralatan pengaman yang terpasang saat ini. Analisis dilakukan untuk mengetahui apakah setting dari rele arus lebih sudah tepat atau diperlukan setting ulang.

Berikut adalah kondisi eksisting dari system pengaman yang terpasang dari tipikal sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia yang telah ditentukan beserta analisisnya.

4.4.1 Koordinasi Eksisting Peralatan Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Badak

Koordinasi pengaman sistem kelistrikan Badak dari generator TG-6700 sampai transformator T24. Pemilihan tipikal ini atas dasar saluran terpanjang dari generator menuju beban yang ada di Badak. Pada tipikal ini juga dicantumkan koordinasi dengan *sync bus*. Rele pengaman yang dikoordinasikan ada 7 rele, yaitu LVCB-M8-1, Rele R8/1, Rele R-8/2, Rele R10, Rele R-TieSW1, Rele R-6700, dan Rele 3. Model *Single Line Diagram* Tipikal Badak dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Model *Single Line Diagram* Tipikal Badak

Fungsi rele diatas adalah sebagai berikut :

1. CB-M8-1
LVCB (*Low Voltage Circuit Breaker*) ini berfungsi mengamankan trafo T24 saat terjadi gangguan hubung singkat pada bus MCC-8 dan juga untuk mengamankan LUMP-MCC8.
2. Rele R-8/1
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus NP-T24 saat terjadi gangguan hubung singkat pada terminal trafo T24 serta merupakan back up dari CB-M8-1 jika gagal bekerja.
3. Rele R-8/2
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus SWGR-8 saat terjadi gangguan hubung singkat serta merupakan back up dari rele R-8/1 jika gagal bekerja.

4. Rele R-10
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus Station #1-B saat terjadi gangguan hubung singkat serta merupakan back up dari rele R-8/2 jika gagal bekerja.
5. Rele R-TieSW1
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus Station #1-B saat terjadi gangguan hubung singkat serta merupakan back up dari rele R-10 jika gagal bekerja.
6. Rele R-6700
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus Station #1-A saat terjadi gangguan hubung singkat serta merupakan back up dari rele R-TieSW1 jika gagal bekerja.
7. Rele 3
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus N6700 saat terjadi gangguan hubung singkat dan sebagai pengaman generator TG-6700 dari arus beban lebih serta merupakan back up dari rele R-6700 jika gagal bekerja.

Selanjutnya dapat digambarkan kurva TCC menggunakan fitur *star device* pada software ETAP 12.6. Untuk menggambarkan kurva TCC dari peralatan pengaman diperlukan data dari peralatan pengaman tersebut. Data dari peralatan pengaman tipikal Badak diperlihatkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data *Eksisting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
LVCB - M8 - 1	-	-	Sensor : 2000 A	LTPU	Tidak Ada Eksisting	Tidak Ada Eksisting	
				LTPU Band			
				STPU			
				STPU Band			
Rele R-8/1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	200 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	14
				Tap	1.2	Delay (Sec)	0.01
				Time Dial	0.5		
Rele R-8/2	GE - Multilin	SR - 750 / 760	400 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	0.8	Delay (Sec)	
				Time Dial	2		

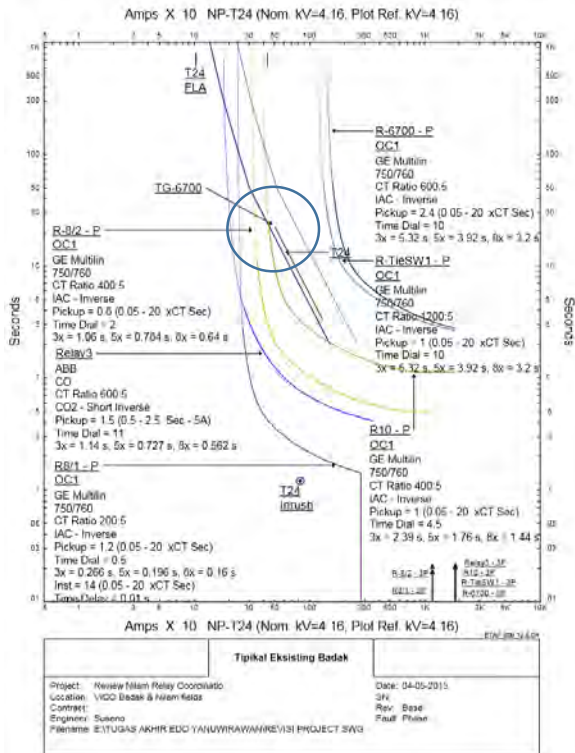
Tabel 4.3 Data *Eksisting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak (Lanjutan)

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele R10	GE - Multilin	SR - 750 / 760	400 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	1	Delay (Sec)	
				Time Dial	4.5		
Rele R-TieSW1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	1200 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	1	Delay (Sec)	
				Time Dial	10		
Rele R-6700	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	2.4	Delay (Sec)	
				Time Dial	10		

Tabel 4.3 Data *Eksisting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak (Lanjutan)

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele 3	ABB	CO (Circuit Opening)	600 / 5	Curve Type	CO2 - Short Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.5 - 2.5 Sec - 5A	Tap	
				Tap	1.5	Delay (Sec)	
				Time Dial	11		

Setelah mengetahui *setting eksisting* dan data rele yang akan dikoordinasikan, maka selanjutnya akan dilakukan plot kurva TCC :



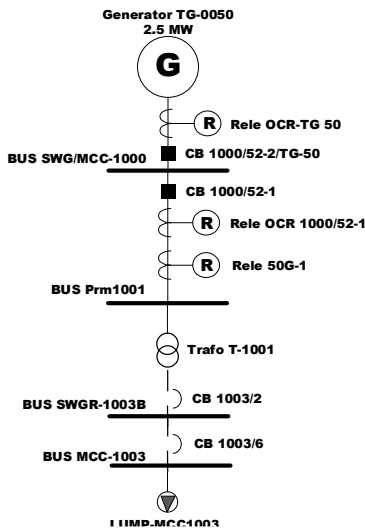
Gambar 4.5 Kurva TCC Eksisting Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Badak

Dari hasil penggambaran kurva dari peralatan pengaman yang terpasang pada tipikal Badak terdapat sedikit ketidaktepatan dalam penentuan *setting* sebagai berikut :

1. Kurva Rele R-10 mengenai damage curve trafo T 24.
2. *Grading time* terlalu lama, jadi rele lama dalam memutus arus terhadap waktu (*tripping time*).

4.4.2 Koordinasi Eksisting Peralatan Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Nilam

Koordinasi pengaman sistem kelistrikan Nilam dari generator TG-0050 sampai transformator T-1001. Pemilihan tipikal ini atas dasar saluran terpanjang dari Nilam itu sendiri. Rele pengaman yang dikoordinasikan adalah LVCB-1003/6, LVCB-1003/2, Rele 50G-1, Rele OCR 1000/52-1, dan Rele OCR-TG 50. Model *Single Line Diagram* Tipikal Nilam dapat dilihat pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Model *Single Line Diagram* Tipikal Nilam

Fungsi rele diatas adalah sebagai berikut :

1. CB 1003/6
LVCB (*Low Voltage Circuit Breaker*) ini berfungsi mengamankan trafo T-1001 saat terjadi gangguan hubung singkat pada bus MCC-1003 dan juga untuk mengamankan LUMP-MCC1003.
2. CB 1003/2
LVCB (*Low Voltage Circuit Breaker*) ini berfungsi mengamankan trafo T-1001 saat terjadi gangguan hubung singkat pada bus SWGR-1003B dan juga merupakan back up dari CB 1003/6 jika gagal bekerja.

3. Rele 50G-1
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus Prm1001 saat terjadi gangguan hubung singkat serta merupakan back up dari CB 1003/2 jika gagal bekerja.
4. Rele OCR 1000/52-1
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus SWG/MCC-1000 saat terjadi gangguan hubung singkat serta merupakan back up dari rele 50G-1 jika gagal bekerja.
5. Rele OCR-TG50
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus SWG/MCC-1000 saat terjadi gangguan hubung singkat dan sebagai pengaman generator TG-0050 dari arus beban lebih serta merupakan back up dari rele OCR 1000/52-1 jika gagal bekerja.

Selanjutnya dapat digambarkan kurva TCC menggunakan fitur *star device* pada software ETAP 12.6. Untuk menggambarkan kurva TCC dari peralatan pengaman diperlukan data dari peralatan pengaman tersebut. Data dari peralatan pengaman tipikal Badak diperlihatkan pada tabel 4.4.

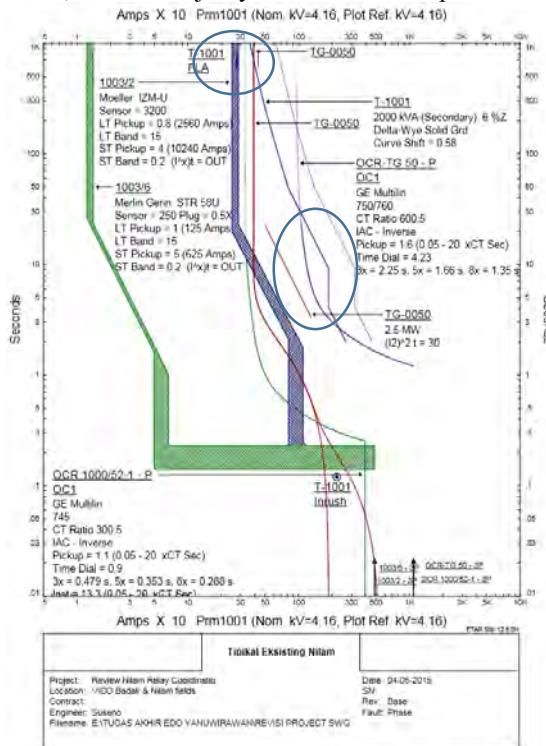
Tabel 4.4 Data *Eksisting* Peralatan Pengaman Tipikal Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
LVCB 1003/6	Merlin Gerlin	STR 58U	Sensor : 250 A	LTPU	1	Tidak Ada Eksisting	
				LTPU Band	15		
				STPU	5		
				STPU Band	0.2		
LVCB 1003/2	Moeller	IZM-U	Sensor : 3200 A	LTPU	0.8	Tidak Ada Eksisting	
				LTPU Band	15		
				STPU	4		
				STPU Band	0.2		
Rele 50G-1	-	-	50 / 5	Curve Type	Tidak Ada Eksisting	Pickup Range	Tidak Ada Eksisting
				Pickup Range		Tap	
				Tap		Delay (Sec)	
				Time Dial			

Tabel 4.4 Data *Eksisting* Peralatan Pengaman Tipikal Nilam (Lanjutan)

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele OCR 1000/52-1	GE - Multilin	SR - 745	300 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	13.3
				Tap	1.1	Delay (Sec)	0
				Time Dial	0.9		
Rele OCR-TG 50	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	1.6	Delay (Sec)	
				Time Dial	4.23		

Setelah mengetahui *setting eksisting* dan data rele yang akan dikoordinasikan, maka selanjutnya akan dilakukan plot kurva TCC :



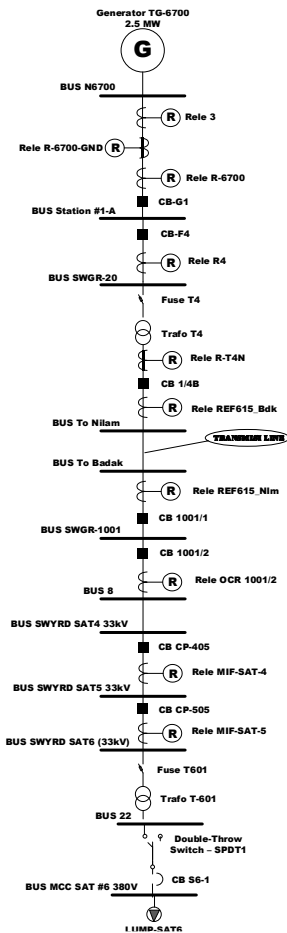
Gambar 4.7 Kurva TCC Eksisting Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Nilam

Dari hasil penggambaran kurva dari peralatan pengaman yang terpasang pada tipikal Nilam terdapat sedikit ketidaktepatan dalam penentuan *setting* sebagai berikut :

1. Kurva Rele OCR TG-50-P mengenai *damage curve* trafo T-1001.
2. Kurva LVCB 1003/2 mengenai FLA Trafo T-1001.
3. *Grading time delay* terlalu lama, jadi rele lama dalam memutuskan arus terhadap waktu (*tripping time*).

4.4.3 Koordinasi *Eksisting* Peralatan Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Badak - Nilam

Koordinasi pengaman sistem kelistrikan dari generator Badak ke Beban Nilam, mulai generator TG-6700 sampai transformator T-601. Pemilihan tipikal ini merupakan jalur terpanjang dari system kelistrikan Badak ke Nilam. Rele pengaman yang dikoordinasikan adalah LVCB S6-1, Rele MIF-SAT-5, Rele MIF-SAT-4 Rele OCR 1001/2, Rele REF615_Nlm, Rele REF615_Bdk, Rele R4, Rele R-6700, dan Rele 3. Model *Single Line Diagram* Tipikal Badak - Nilam dapat dilihat pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Model *Single Line Diagram* Tipikal Badak – Nilam

Fungsi rele diatas adalah sebagai berikut :

1. CB S6-1

LVCB (*Low Voltage Circuit Breaker*) ini berfungsi mengamankan trafo T-601 saat terjadi gangguan hubung singkat pada bus MCC SAT #6 380V dan bus 22 dan juga untuk mengamankan LUMP-SAT6.

2. Fuse T601
Fuse berfungsi sebagai pengaman bus SWYRD SAT6 (33kV) jika terjadi hubung singkat pada trafo T-601.
3. Rele MIF-SAT5
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus SWYRD SAT6 (33kV), Selain itu dikarenakan bus SWYRD SAT6 (33kV) hanya menyuplai feeder menuju bus MCC SAT #6 380V maka rele ini dapat berfungsi sebagai back up pengaman dari CB S6-1 jika gagal bekerja.
4. Rele MIF-SAT4
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus SWYRD SAT5 33kV, saat terjadi gangguan hubung singkat serta merupakan back up dari rele MIF-SAT5 jika gagal bekerja.
5. Rele OCR 1001/2
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus 8 saat terjadi gangguan hubung singkat serta merupakan back up dari rele MIF-SAT-4 jika gagal bekerja.
6. Rele REF615_Nlm
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus SWGR-1001 dan bus To Badak saat terjadi gangguan hubung singkat dan juga untuk melindungi Potensial Trafo PT3 serta merupakan back up dari rele OCR 1001/2 jika gagal bekerja.
7. Rele REF615_Bdk
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus To Nilam saat terjadi gangguan hubung singkat dan juga untuk melindungi Potensial Trafo PT5 serta merupakan back up dari rele REF615_Nlm jika gagal bekerja.
8. Fuse T4
Fuse berfungsi sebagai pengaman bus SWGR-20 jika terjadi hubung singkat pada trafo T4.
9. Rele R4
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus 13 saat terjadi gangguan hubung singkat, Selain itu dikarenakan bus SWGR-20 hanya menyuplai feeder menuju bus To Nilam maka rele ini dapat berfungsi sebagai back up pengaman dari rele REF615_Bdk jika gagal bekerja.
10. Rele R-6700
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus Station #1-A saat terjadi gangguan hubung singkat serta merupakan back up dari rele R4 jika gagal bekerja.

11. Rele 3

Rele ini berfungsi untuk melindungi bus N6700 saat terjadi gangguan hubung singkat dan sebagai pengaman generator TG-6700 dari arus beban lebih serta merupakan back up dari rele R-6700 jika gagal bekerja.

Selanjutnya dapat digambarkan kurva TCC menggunakan fitur *star device* pada software ETAP 12.6. Untuk menggambarkan kurva TCC dari peralatan pengaman diperlukan data dari peralatan pengaman tersebut. Data dari peralatan pengaman tipikal Badak - Nilam diperlihatkan pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Data *Eksisting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak - Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
LVCB - S6-1	General Electric	EC-1 AK-15-25-30 (LSI 15x)	Sensor : 15 A	LTPU	0.8	Pickup 15x - fixed	
				LTPU Band	1C-Min		
				STPU	2		
				STPU Band	2C-Min		
Rele MIF-SAT-5	GE - Multilin	SR - 750 / 760	15 / 5	Curve Type	IEC - A	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	Tidak Aktif
				Tap	0.75	Delay (Sec)	
				Time Dial	0.08		
Rele MIF-SAT-4	GE - Multilin	SR - 750 / 760	30 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	0.8	Delay (Sec)	
				Time Dial	1.5		

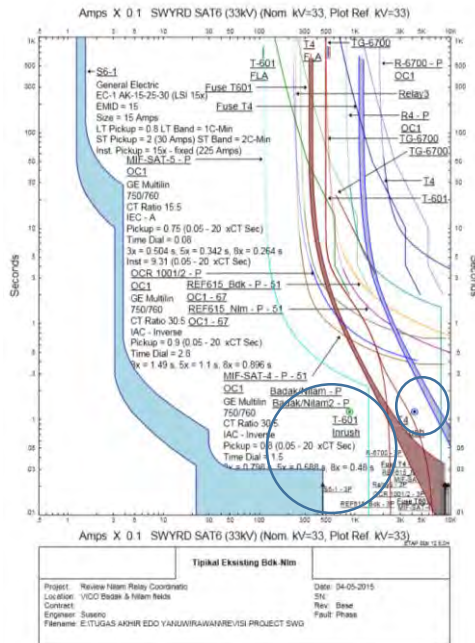
Tabel 4.5 Data *Eksisting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak – Nilam (Lanjutan)

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele OCR 1001/2	GE - Multilin	SR - 750 / 760	30 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	0.9	Delay (Sec)	
				Time Dial	2.8		
Rele REF615_Nlm	ABB	REF 545	100 / 5	Curve Type	Normal Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.1- 5 XCT Sec	Tap	
				Tap	0.5	Delay (Sec)	
				Time Dial	0.22		
Rele REF615_Bdk	ABB	REF 545	100 / 5	Curve Type	Normal Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 40 XCT Sec	Tap	
				Tap	0.5	Delay (Sec)	
				Time Dial	0.33		

Tabel 4.5 Data *Eksisting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak – Nilam (Lanjutan)

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele R4	GE - Multilin	SR - 750 / 760	400 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	1.6	Delay (Sec)	
				Time Dial	5		
Rele R-6700	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	2.4	Delay (Sec)	
				Time Dial	10		
Rele 3	ABB	CO (Circuit Opening)	600 / 5	Curve Type	CO2 - Short Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.5 - 2.5 Sec - 5A	Tap	
				Tap	1.5	Delay (Sec)	
				Time Dial	11		

Setelah mengetahui *setting* *eksisting* dan data rele yang akan dikoordinasikan, maka selanjutnya akan dilakukan plot kurva TCC :



Gambar 4.9 Kurva TCC *Eksisting* Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Badak –Nilam

Dari hasil penggambaran kurva dari peralatan pengaman yang terpasang pada tipikal Badak - Nilam terdapat sedikit ketidaktepatan dalam penentuan *setting* sebagai berikut :

1. Kurva LVCB S6-1 letaknya kurang dari FLA trafo T-601, maka jika pada saat trafo T-601 *energize*, pada saat beban penuh (6xIn) maka LVCB S6-1 akan bekerja memutus arus sehingga itu dianggap gangguan.
2. Kurva LVCB S6-1 melebihi *Inrush* trafo T-601 dan T4.
3. *Grading time delay* terlalu lama, jadi rele lama dalam memutus arus terhadap waktu (*tripping time*).
4. Urutan *back up* rele kurang diperhitungkan jadi membuat *back up* rele tidak bisa bekerja dengan semestinya dan tidak bisa bekerja maksimal.

4.5 Analisis Sistem *Resetting* Pengaman Arus Lebih Fasa

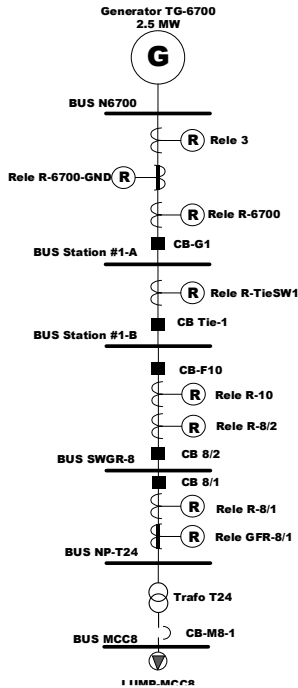
Pada koordinasi rele arus lebih gangguan fasa dilakukan *setting* arus dan waktu pada masing – masing rele agar yang satu dengan rele yang lain bekerja sesuai yang diharapkan. Koordinasi ini bertujuan untuk mengisolasi gangguan agar tidak mengganggu peralatan yang lain. Dari hasil koordinasi tidak diharapkan ada beberapa rele yang bekerja secara bersamaan atau terjadi *overlap* antara rele yang satu dengan rele yang lain.

Setting peralatan pengaman harus memperhatikan besarnya arus beban penuh (*full load ampere*), *inrush* dari trafo, arus *starting* motor, kurva kerusakan trafo (*damage curve*), dan arus kontribusi hubung singkat minimum serta maksimum yang melewati rele. Arus nominal peralatan diberikan toleransi 1.05 dari arus beban penuhnya. Arus *starting* serta *inrush* trafo tidak dikehendaki mengakibatkan peralatan proteksi bekerja. Kemudian arus hubung singkat minimum merupakan arus hubung singkat terkecil yang harus dapat dirasakan rele dan mengakibatkan peralatan proteksi bekerja. Sedangkan arus hubung singkat maksimum diperlukan untuk menentukan *breaking capacity* serta batas arus kerja rele dalam mengamankan gangguan.

Pada saat melakukan *setting* rele, parameter yang harus kita gunakan untuk dihitung antara lain : *pick up lowset*, *time dial*, *pick up highset* dan *time delay*. Sesuai standard IEEE 242, *grading time* untuk rele digital adalah 0.2 sampai 0.3 sekon. Dan *grading time* untuk rele analog adalah 0.3 sampai 0.4 sekon. Pada tugas akhir ini dipilih *grading time* 0.2 s untuk rele digital dan 0.3 s untuk rele analog. setelah menghitung parameter – parameter tersebut, langkah selanjutnya adalah melakukan plot *time-current curve* pada software ETAP 12.6.

4.5.1 Koordinasi *Resetting* Peralatan Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Badak

Koordinasi pengaman sistem kelistrikan Badak dari generator TG-6700 sampai transformator T24. Pemilihan tipikal ini atas dasar saluran terpanjang dari generator menuju beban yang ada di Badak. Pada tipikal ini juga dicantumkan koordinasi dengan *sync bus*. Rele pengaman yang dikoordinasikan ada 7 rele, yaitu LVCB-M8-1, Rele R8/1, Rele R-8/2, Rele R10, Rele R-TieSW1, Rele R-6700, dan Rele 3. Model *Single Line Diagram* Tipikal Badak dapat dilihat pada Gambar 4.10



Berikut ini perhitungan parameter – parameter dari masing – masing rele di Tipikal Badak.

1. LVCB – M8 – 1

Manufacture	: Merlin Gerlin
Model	: STR 58U
Sensor ID	: 2500 Ampere
Rating Plug	: 1250 Ampere (0.5 Multiple)

Long Time

LT *Pickup* :

$$1.05 \times \text{FLA Sekunder T24} < I_{\text{set}} < 1.4 \times \text{FLA Sekunder T24}$$

$$1.05 \times 1140 < I_{\text{set}} < 1.4 \times 1140$$

$$\begin{aligned}
 &1197 < I_{set} < 1596 \\
 &\frac{1197}{1250} < \text{Tap} < \frac{1596}{1250} \\
 &0.9576 < \text{Tap} < 1.2768 \\
 (\text{Range} : 0.4 ; 0.45 ; 0.5 ; 0.55 ; 0.6 ; 0.65 ; 0.7 ; 0.8 ; 0.9 ; 1.0) \\
 \text{Dipilih Tap} &= 0.98 \\
 \text{Iset} &= 1225 \text{ A} \\
 \text{Dipilih LT Band} &= 15
 \end{aligned}$$

Short Time

$$\begin{aligned}
 \text{ST Pickup} &: \\
 1.6 \times \text{FLA Sekunder T24} &< I_{set} < 0.8 \times \text{Isc Min Bus MCC-8} \\
 1.6 \times 1140 &< I_{set} < 0.8 \times 17110 \\
 1824 &< I_{set} < 13688 \\
 \frac{1824}{1250} &< \text{Tap} < \frac{13688}{1250} \\
 1.4592 &< \text{Tap} < 10.9504 \\
 (\text{Range} : 1.25 ; 1.5 ; 2 ; 2.5 ; 3 ; 4 ; 6 ; 8 ; 10 ; 12) \\
 \text{Dipilih Tap} &= 1.5 \\
 \text{Iset} &= 1875 \text{ A} \\
 \text{Dipilih ST Band} &= 0.4 \text{ s}
 \end{aligned}$$

2. Relay R8/1

Manufacturer	: GE – Multilin
Model	: SR – 750 / 760
FLA Primer T24	: 104.1 A
Isc Max. 4 cycle Bus SWGR-8	: 11460 A
Curve Type	: IAC – Inverse
CT Ratio	: 200 / 5

Time Overcurrent Pickup

$$\begin{aligned}
 1.05 \times \text{FLA Primer T24} &< I_{set} < 1.4 \times \text{FLA Primer T24} \\
 1.05 \times 104.1 &< I_{set} < 1.4 \times 104.1 \\
 109.305 &< I_{set} < 145.74 \\
 \frac{109.305}{200} \text{ In} &< \text{Tap} < \frac{145.74}{200} \text{ In} \\
 0.54 \text{ In} &< \text{Tap} < 0.7287 \text{ In} \\
 (\text{Range} : 0.05 \text{ sampai } 20, \text{ dengan steps } 0.01) \\
 \text{Dipilih Tap} &= 0.7 \text{ In}
 \end{aligned}$$

$$I_{set} = 140 \text{ A}$$

Time Dial

$$\text{Waktu Operasi} = 0.3 \text{ s}$$

$$T = M \times \left(A + \frac{B}{\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C} + \frac{D}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^2} + \frac{E}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^3} \right)$$

$$\text{Dimana : } T = \text{Trip Time (Second)}$$

$$M = \text{Multiplier Setpoint ; } M = TD$$

$$I = \text{Input Current (Isc Max 4 Cycle)}$$

$$I \text{ Pick Up} = \text{Pick Up Current Setpoint (Iset)}$$

$$A \text{ to } E = \text{Constant}$$

$$0.3 \text{ s} = M \times \left(0.2078 + \frac{0.8630}{\left(\frac{11460}{140}\right) - 0.8} + \frac{-0.418}{\left(\left(\frac{11460}{140}\right) - 0.8\right)^2} + \frac{0.1947}{\left(\left(\frac{11460}{140}\right) - 0.8\right)^3} \right)$$

$$0.3 \text{ s} = M \times (0.2078 + 0.0106468 - 0.00006362 + 0.000000365588)$$

$$0.3 \text{ s} = M \times (0.2183835456)$$

$$M = \frac{0.3}{0.2183835456}$$

$$M = 1.83729871$$

$$(\text{Range : 0 sampai 100, dengan steps 0.01})$$

$$\text{Time Dial} = 1.84$$

Instantaneous Pick Up

$$I_{sc} \text{ Max 4 Cycle Bus MCC-8} \times \frac{\text{kV Sekunder}}{\text{kV Primer}} < I_{pu} < 0.8 \times I_{sc} \text{ Min Bus SWGR-8}$$

$$24710 \times \frac{0.38}{4.16} < I_{pu} < 0.8 \times 4930$$

$$2257.163462 < I_{pu} < 3944$$

$$\frac{2257.163462}{200} I_n < \text{Tap} < \frac{3944}{200} I_n$$

$11.2858 \text{ In} < \text{Tap} < 19.72 \text{ In}$
 (Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)
 Dipilih Tap = 13 In
 Iset = 2600 A

Time Delay

(Range : 0 sampai 600 s, dengan steps 0.01)
 Dipilih Time Delay = 0.1 s

3. Relay R-8/2

Manufacturer : GE – Multilin
 Model : SR – 750 / 760
 FLA Total : FLA Primer T24 + FLA Motor P-4820 + FLA Motor P-4830 = 104.1 + 95.07 + 95.07 = **294.24**
 Isc Max. 4 cycle Bus SWGR-8 : 11460 A
 Curve Type : IAC – Inverse
 CT Ratio : 400 / 5

Time Overcurrent Pickup

$1.05 \times \text{FLA Total} < \text{Iset} < 1.4 \times \text{FLA Total}$
 $1.05 \times 294.24 < \text{Iset} < 1.4 \times 294.24$
 $308.952 < \text{Iset} < 411.936$
 $\frac{308.952}{400} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{411.936}{200} \text{ In}$
 $0.77238 \text{ In} < \text{Tap} < 1.02984 \text{ In}$
 (Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)
 Dipilih Tap = 0.8 In
 Iset = 320 A

Time Dial

Waktu Operasi = 0.5 s

$$T = M \times \left(A + \frac{B}{\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C} + \frac{D}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^2} + \frac{E}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^3} \right)$$

Dimana : T = Trip Time (Second)
 M = Multiplier Setpoint ; M = TD

I = *Input Current* (Isc Max 4 Cycle)

I Pick Up = *Pick Up Current Setpoint* (Iset)

A to E = *Constant*

$$0.5 \text{ s} = M \times \left(0.2078 + \frac{0.8630}{\left(\frac{11460}{320}\right) - 0.8} + \frac{-0.418}{\left(\left(\frac{11460}{320}\right) - 0.8\right)^2} + \frac{0.1947}{\left(\left(\frac{11460}{320}\right) - 0.8\right)^3} \right)$$

$$0.5 \text{ s} = M \times (0.2078 + 0.0246483 - 0.00034098 + 0.000004536245)$$

$$0.5 \text{ s} = M \times (0.2321118562)$$

$$M = \frac{0.5}{0.2321118562}$$

$$M = 2.154133822$$

(Range : 0 sampai 100, dengan steps 0.01)

Time Dial = 2.16

Instantaneous Pick Up

$$1.6 \times \text{FLA Total} < I \gg < 0.8 \times \text{Isc Min Bus SWGR-8}$$

$$1.6 \times 294.24 < I \gg < 0.8 \times 4930$$

$$470.784 < I \gg < 3944$$

$$\frac{470.784}{400} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{3944}{400} \text{ In}$$

$$1.17696 \text{ In} < \text{Tap} < 9.86 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

Dipilih Tap = 7 In

Iset = 2800 A

Time Delay

(Range : 0 sampai 600 s, dengan steps 0.01)

Dipilih Time Delay = 0.3 s

4. Relay R10

Manufacturer : GE – Multilin

Model : SR – 750 / 760

FLA Total : FLA Primer T24 + FLA Motor P-4820 + FLA Motor P-4830 = 104.1 + 95.07 + 95.07 = **294.24**

Isc Max. 4 cycle Station #1-B : 15900 A

Curve Type : IAC – Inverse

CT Ratio : 400 / 5

Time Overcurrent Pickup

$$1.05 \times \text{FLA Total} < \text{Iset} < 1.4 \times \text{FLA Total}$$

$$1.05 \times 294.24 < \text{Iset} < 1.4 \times 294.24$$

$$308.952 < \text{Iset} < 411.936$$

$$\frac{308.952}{400} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{411.936}{200} \text{ In}$$

$$0.77238 \text{ In} < \text{Tap} < 1.02984 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

Dipilih Tap = 0.8 In

Iset = 320 A

Time Dial

Waktu Operasi = 0.5 s

$$T = M \times \left(A + \frac{B}{\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C} + \frac{D}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^2} + \frac{E}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^3} \right)$$

Dimana : T = Trip Time (Second)

M = Multiplier Setpoint ; M = TD

I = Input Current (Isc Max 4 Cycle)

I Pick Up = Pick Up Current Setpoint (Iset)

A to E = Constant

$$0.5 \text{ s} = M \times \left(0.2078 + \frac{0.8630}{\left(\frac{15900}{360}\right) - 0.8} + \frac{-0.418}{\left(\left(\frac{15900}{360}\right) - 0.8\right)^2} + \frac{0.1947}{\left(\left(\frac{15900}{360}\right) - 0.8\right)^3} \right)$$

$$0.5 \text{ s} = M \times (0.2078 + 0.0199 - 0.0002222614 + 0.000002387249)$$

$$0.5 \text{ s} = M \times (0.2274801258)$$

$$M = \frac{0.5}{0.2274801258}$$

$$M = 2.157994213$$

(Range : 0 sampai 100, dengan steps 0.01)

Time Dial = 2.16

Instantaneous Pick Up

$$1.6 \times \text{FLA Total} < I_{\text{set}} < 0.8 \times \text{Isc Min Bus Station \#1-B}$$

$$1.6 \times 294.24 < I_{\text{set}} < 0.8 \times 5750$$

$$470.784 < I_{\text{set}} < 4600$$

$$\frac{470.784}{400} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{4600}{400} \text{ In}$$

$$1.17696 \text{ In} < \text{Tap} < 9.86 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

Dipilih Tap = 7 In

Iset = 3200 A

Time Delay

(Range : 0 sampai 600 s, dengan steps 0.01)

Dipilih Time Delay = 0.3 s

5. Relay R-Tie SW1

Manufacturer : GE – Multilin

Model : SR – 750 / 760

FLA Total : 437.13

Isc Max. 30 Cycle Station #1-A : 7490 A

Curve Type : IAC – Inverse

CT Ratio : 1200 / 5

Time Overcurrent Pickup

$$1.05 \times \text{FLA Total} < \text{Iset} < 1.4 \times \text{FLA Total}$$

$$1.05 \times 437.13 < \text{Iset} < 1.4 \times 437.13$$

$$458.9865 < \text{Iset} < 611.982$$

$$\frac{458.9865}{1200} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{611.982}{1200} \text{ In}$$

$$0.3824 \text{ In} < \text{Tap} < 0.5099 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

Dipilih Tap = 0.38 In

Iset = 456 A

Time Dial

Waktu Operasi = 0.7 s

$$T = M \times \left(A + \frac{B}{\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C} + \frac{D}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^2} + \frac{E}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^3} \right)$$

Dimana : T = Trip Time (Second)
M = Multiplier Setpoint ; M = TD
I = Input Current (Isc Max 4 Cycle)
I Pick Up = Pick Up Current Setpoint (Iset)
A to E = Constant

$$0.7 \text{ s} = M \times \left(0.2078 + \frac{0.8630}{\left(\frac{7490}{456}\right) - 0.8} + \frac{-0.418}{\left(\left(\frac{7490}{456}\right) - 0.8\right)^2} + \frac{0.1947}{\left(\left(\frac{7490}{456}\right) - 0.8\right)^3} \right)$$

$$0.7 \text{ s} = M \times (0.2078 + 0.05523 - 0.001712 + 0.000051035)$$

$$0.7 \text{ s} = M \times (0.261369035)$$

$$M = \frac{0.7}{0.261369035}$$

$$M = 2.678205549$$

(Range : 0 sampai 100, dengan steps 0.01)

Time Dial = 2.68

Instantaneous Pick Up

$$1.6 \times \text{FLA Total} < I_{pu} < 0.8 \times \text{Isc Min Bus Station \#1-A}$$

$$1.6 \times 1425.13 < I_{pu} < 0.8 \times 5750$$

$$2280.208 < I_{pu} < 4600$$

$$\frac{2280.208}{1200} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{4600}{1200} \text{ In}$$

$$1.9001 \text{ In} < \text{Tap} < 3.833 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

Dipilih Tap = 3 In

Iset = 3600 A

Time Delay

(Range : 0 sampai 600 s, dengan steps 0.01)

Dipilih *Time Delay* = 0.5 s

6. Relay R-6700

Manufacturer : GE – Multilin
Model : SR – 750 / 760
FLA Generator TG-6700 : 433.7
Isc Max. 30 cycle Station #1-A : 7490 A
Curve Type : IAC – Inverse
CT Ratio : 600 / 5

Time Overcurrent Pickup

$$1.05 \times \text{FLA Gen.TG-6700} < \text{Iset} < 1.4 \times \text{FLA Gen.TG-6700}$$

$$1.05 \times 433.7 < \text{Iset} < 1.4 \times 433.7$$

$$455.385 < \text{Iset} < 607.18$$

$$\frac{455.385}{600} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{607.18}{600} \text{ In}$$

$$0.7589 \text{ In} < \text{Tap} < 1.01196 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

Dipilih Tap = 0.8 In

Iset = 480 A

Time Dial

Waktu Operasi = 0.9 s

$$T = M \times \left(A + \frac{B}{\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C} + \frac{D}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^2} + \frac{E}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^3} \right)$$

Dimana : T = Trip Time (Second)
M = Multiplier Setpoint ; M = TD
I = Input Current (Isc Max 4 Cycle)
I Pick Up = Pick Up Current Setpoint (Iset)
A to E = Constant

$$0.9 s = M \times \left(0.2078 + \frac{0.8630}{\left(\frac{7490}{480}\right) - 0.8} + \frac{-0.418}{\left(\left(\frac{7490}{480}\right) - 0.8\right)^2} + \frac{0.1947}{\left(\left(\frac{7490}{480}\right) - 0.8\right)^3} \right)$$

$$0.9 s = M \times (0.2078 + 0.058294 - 0.001907253 + 0.000060008)$$

$$0.9 s = M \times (0.2642467)$$

$$M = \frac{0.9}{0.2642467}$$

$$M = 3.405908191$$

(Range : 0 sampai 100, dengan steps 0.01)

Time Dial = 3.41

Instantaneous Pick Up

$$1.6 \times \text{FLA Gen.TG-6700} < I_{\text{p}} < 0.8 \times \text{Isc Min Station \#1-A}$$

$$1.6 \times 433.7 < I_{\text{p}} < 0.8 \times 5750$$

$$693.92 < I_{\text{p}} < 4600$$

$$\frac{693.92}{600} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{4600}{600} \text{ In}$$

$$1.15653 \text{ In} < \text{Tap} < 7.66 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

Dipilih Tap = 7 In

Iset = 4200 A

Time Delay

(Range : 0 sampai 600 s, dengan steps 0.01)

Dipilih Time Delay = 0.7 s

7. Relay 3

Manufacturer	: ABB
Model	: CO (Circuit Opening)
FLA Generator TG-6700	: 433.7
Isc Max. 30 cycle Station #1-A	: 7490 A
Curve Type	: CO8 – Inverse

CT Ratio : 600 / 5

Time Overcurrent Pickup

$$1.05 \times \text{FLA Gen.TG-6700} < \text{Iset} < 1.4 \times \text{FLA Gen.TG-6700}$$

$$1.05 \times 433.7 < \text{Iset} < 1.4 \times 433.7$$

$$455.385 < \text{Iset} < 607.18$$

$$\frac{455.385}{600/5} < \text{Tap} < \frac{607.18}{600/5}$$

$$3.794 < \text{Tap} < 5.059$$

(Range : 0.5 sampai 2.5 Sec - 5A)

Dipilih Tap = 4.5

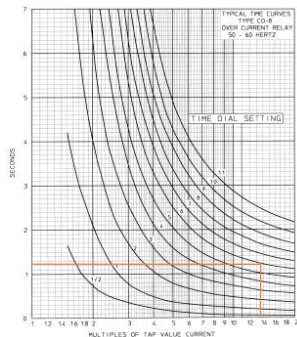
Iset = 540 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi ketika terjadi hubung singkat maksimum di bus Station #1-A = 1.2 s

Multiple Tap Current Setting (MTCS)

$$\text{MTCS} = \frac{\text{Isc Max 30 cycle Station \#1-A}}{\text{Ipickup}} = \frac{7490}{540} = 13.87$$



Gambar 4.11 Kurva MTCS (*Multiple of Tap Current Setting*) CO8 - Inverse

(Range : 0 sampai 100, dengan steps 0.01)

Time Dial = 6

Instantaneous Pick Up

Tidak Aktif

Time Delay

Tidak Aktif

Selanjutnya dapat digambarkan kurva TCC menggunakan fitur *star device* pada software ETAP 12.6. Untuk menggambarkan kurva TCC dari peralatan pengaman diperlukan data dari peralatan pengaman tersebut. Data dari peralatan pengaman tipikal Badak diperlihatkan pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Data *Resetting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
LVCB - M8 - 1	Merlin Gerlin	STR 58U	Sensor : 2500 A	LTPU	0.98	Tidak Ada	
				LTPU Band	15		
				STPU	1.5		
				STPU Band	0.4		
Rele R-8/1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	200 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	13
				Tap	0.7	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	1.84		
Rele R-8/2	GE - Multilin	SR - 750 / 760	400 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	7
				Tap	0.8	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	2.16		

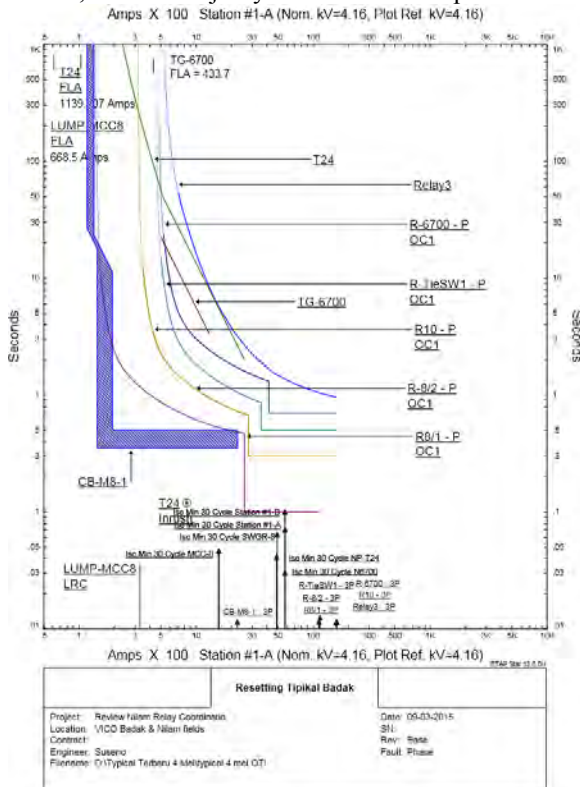
Tabel 4.6 Data *Resetting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak (Lanjutan)

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele R10	GE - Multilin	SR - 750 / 760	400 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	7
				Tap	0.8	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	2.16		
Rele R-TieSW1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	1200 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	3
				Tap	0.38	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	2.68		
Rele R-6700	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	7
				Tap	0.8	Delay (Sec)	0.7
				Time Dial	3.41		

Tabel 4.6 Data *Resetting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak (Lanjutan)

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele 3	ABB	CO (Circuit Opening)	600 / 5	Curve Type	CO8 - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	2.5 - 10 Sec - 5A	Tap	
				Tap	4.5	Delay (Sec)	
				Time Dial	6		

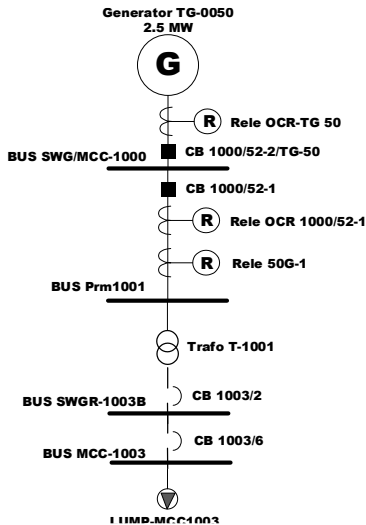
Setelah mengetahui *setting resetting* dan data rele yang akan dikoordinasikan, maka selanjutnya akan dilakukan plot kurva TCC :



Gambar 4.12 Kurva TCC *Resetting* Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Badak

4.5.2 Koordinasi *Resetting* Peralatan Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Nilam

Koordinasi pengaman sistem kelistrikan Nilam dari generator TG-0050 sampai transformator T-1001. Pemilihan tipikal ini atas dasar saluran terpanjang dari Nilam itu sendiri. Rele pengaman yang dikoordinasikan ada 5 rele yaitu LVCB-1003/6, LVCB-1003/2, Rele 50G-1, Rele OCR 1000/52-1, dan Rele OCR-TG 50. Model *Single Line Diagram* Tipikal Badak - Nilam dapat dilihat pada Gambar 4.13



Berikut ini perhitungan parameter – parameter dari masing – masing rele di Tipikal Nilam.

1. LVCB – 1003/6

Manufacture	: Merlin Gerlin
Model	: STR 58U
Sensor ID	: 3000 Ampere
Rating Plug	: 3000 Ampere (1 Multiple)

Long Time

LT Pickup :

$$1.05 \times \text{FLA Sekunder T-1001} < I_{\text{set}} < 1.4 \times \text{FLA Sekunder T-1001}$$

$$1.05 \times 3039 < I_{\text{set}} < 1.4 \times 3039$$

$$3190.95 < I_{set} < 4254.6$$

$$\frac{3190.95}{3000} < \text{Tap} < \frac{4254.6}{3000}$$

$$1.06 < \text{Tap} < 1.4182$$

(Range : 0.4 ; 0.45 ; 0.5 ; 0.55 ; 0.6 ; 0.65 ; 0.7 ; 0.8 ; 0.9 ; 1.0)

Dipilih Tap $\quad = 1$

Iset = 3000 A
 Dipilih LT Band = 15

Short Time

ST Pickup :

$$1.6 \times \text{FLA Sekunder T-1001} < \text{Iset} < 0.8 \times \text{Isc Min Bus MCC-1003}$$

$$1.6 \times 3039 < \text{Iset} < 0.8 \times 20570$$

$$4862.4 < \text{Iset} < 16456$$

$$\frac{4862.4}{3000} < \text{Tap} < \frac{16456}{3000}$$

$$1.6208 < \text{Tap} < 5.4853$$

(Range : 1.25 ; 1.5 ; 2 ; 2.5 ; 3 ; 4 ; 6 ; 8 ; 10 ; 12)

Dipilih Tap = 2

Iset = 6000 A

Dipilih ST Band = 0.4 s

2. LVCB – 1003/2

Manufacture : Moeller

Model : IZM-U

Sensor ID : 4000 Ampere

Rating Plug : 4000 Ampere

Long Time

LT Pickup :

$$1.05 \times \text{FLA Sekunder T-1001} < \text{Iset} < 1.4 \times \text{FLA Sekunder T-1001}$$

$$1.05 \times 3039 < \text{Iset} < 1.4 \times 3039$$

$$3190.95 < \text{Iset} < 4254.6$$

$$\frac{3190.95}{4000} < \text{Tap} < \frac{4254.6}{4000}$$

$$0.7977 < \text{Tap} < 1.06365$$

(Range : 0.4 ; 0.45 ; 0.5 ; 0.55 ; 0.6 ; 0.65 ; 0.7 ; 0.8 ; 0.9 ; 1.0)

Dipilih Tap = 0.94

Iset = 3760 A

Dipilih LT Band = 15

Short Time

ST Pickup :

$$1.6 \times \text{FLA Sekunder T-1001} < \text{Iset} < 0.8 \times \text{Isc Min Bus SWGR-1003B}$$

$$1.6 \times 3039 < \text{Iset} < 0.8 \times 21030$$

$$\begin{aligned}
4862.4 &< I_{set} < 16824 \\
\frac{4862.4}{4000} &< Tap < \frac{16824}{4000} \\
1.2156 &< Tap < 4.206 \\
(Range : 1.25 ; 1.5 ; 2 ; 2.5 ; 3 ; 4 ; 6 ; 8 ; 10 ; 12) \\
Dipilih Tap &= 2.2 \\
I_{set} &= 8800 \text{ A} \\
Dipilih ST Band &= 0.4 \text{ s}
\end{aligned}$$

3. **Relay 50G-1**

Manufacturer	: GE – Multilin
Model	: SR – 750 / 760
FLA Primer T-1001	: 277.6
Isc Max. 4 cycle Bus Prm 1001	: 7620 A
Curve Type	: ANSI – Extremely Inverse
CT Ratio	: 50 / 5

Time Overcurrent Pickup

$$\begin{aligned}
1.05 \times \text{FLA Primer T-1001} &< I_{set} < 1.4 \times \text{FLA Primer T-1001} \\
1.05 \times 277.6 &< I_{set} < 1.4 \times 277.6 \\
291.48 &< I_{set} < 388.64 \\
\frac{291.48}{50} \text{ In} &< Tap < \frac{388.64}{50} \text{ In} \\
5.8296 \text{ In} &< Tap < 7.7728 \text{ In} \\
(Range : 0.05 \text{ sampai } 20, \text{ dengan steps } 0.01) \\
Dipilih Tap &= 6 \text{ In} \\
I_{set} &= 300 \text{ A}
\end{aligned}$$

Time Dial

$$\text{Waktu Operasi} = 0.3 \text{ s}$$

$$T = M \times \left(A + \frac{B}{\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C} + \frac{D}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^2} + \frac{E}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^3} \right)$$

Dimana : T = Trip Time (Second)
 M = Multiplier Setpoint ; M = TD
 I = Input Current (Isc Max 4 Cycle)

$I_{Pick Up} = Pick Up Current Setpoint (I_{set})$
A to E = Constant

$$0.3 \text{ s} = M \times \left(0.0399 + \frac{0.2294}{\left(\frac{7620}{300}\right) - 0.5} + \frac{3.0094}{\left(\left(\frac{7620}{300}\right) - 0.5\right)^2} + \frac{0.7222}{\left(\left(\frac{7620}{300}\right) - 0.5\right)^3} \right)$$

$$0.3 \text{ s} = M \times (0.0399 + 0.00921285 + 0.00485379 + 0.00004677)$$

$$0.3 \text{ s} = M \times (0.05401341)$$

$$M = \frac{0.3}{0.05401341}$$

$$M = 5.554176268$$

(Range : 0 sampai 100, dengan steps 0.01)
Time Dial = 5.56

Instantaneous Pick Up

$$\frac{I_{sc} \text{ Max 4 Cycle Bus SWGR-1003B} \times \text{kV Sekunder}}{\text{kV Primer}} < I_{set} < 0.8 \times I_{sc} \text{ Min Bus SWG/MCC-1000}$$

$$36060 \times \frac{0.38}{4.16} < I_{set} < 0.8 \times 4380$$

$$3293.9423 < I_{set} < 3504$$

$$\frac{3293.9423}{50} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{3504}{50} \text{ In}$$

$$65.8788 \text{ In} < \text{Tap} < 70.08 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)
Dipilih Tap = 66 In
Iset = 3300 A

Time Delay

(Range : 0 sampai 600 s, dengan steps 0.01)
Dipilih Time Delay = 0.1 s

Pada Relay 50G-1 ini hasil Tap pada perhitungan *Instantaneous Pick Up* melebihi *Range* yang sudah ada. Berdasarkan *data sheet relay*, *Range* didapat mulai 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01. Oleh karena itu disarankan untuk mengganti perbandingan CT *Ratio* pada Relay 50G-1, yaitu diganti dengan 200 / 5. Dengan mengganti perbandingan CT *Ratio*, maka hasil Tap akan sesuai dengan *Range* yang ada, sehingga dapat bekerja dengan normal dan aman.

Relay 50G-1

Manufacturer	: GE – Multilin
Model	: SR – 750 / 760
FLA Primer T-1001	: 277.6
Isc Max. 4 cycle Bus Prm 1001	: 7620 A
Curve Type	: ANSI – Extremely Inverse
CT Ratio	: 200 / 5

Time Overcurrent Pickup

$$1.05 \times \text{FLA Primer T-1001} < \text{Iset} < 1.4 \times \text{FLA Primer T-1001}$$

$$1.05 \times 277.6 < \text{Iset} < 1.4 \times 277.6$$

$$291.48 < \text{Iset} < 388.64$$

$$\frac{291.48}{200} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{388.64}{200} \text{ In}$$

$$1.4574 \text{ In} < \text{Tap} < 2.256 \text{ In}$$

(*Range* : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

$$\text{Dipilih Tap} = 2.25 \text{ In}$$

$$\text{Iset} = 450 \text{ A}$$

Time Dial

$$\text{Waktu Operasi} = 0.3 \text{ s}$$

$$T = M \times \left(A + \frac{B}{\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C} + \frac{D}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^2} + \frac{E}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^3} \right)$$

Dimana : T = Trip Time (Second)

M = Multiplier Setpoint ; M = TD

I = Input Current (Isc Max 4 Cycle)

I Pick Up = Pick Up Current Setpoint (Iset)

$$\begin{aligned}
 & \text{A to E} = \text{Constant} \\
 0.3 \text{ s} &= M \times \left(0.0399 + \frac{0.2294}{\left(\frac{7620}{450}\right) - 0.5} + \frac{3.0094}{\left(\left(\frac{7620}{450}\right) - 0.5\right)^2} + \right. \\
 & \quad \left. \frac{0.7222}{\left(\left(\frac{7620}{450}\right) - 0.5\right)^3} \right) \\
 0.3 \text{ s} &= M \times (0.0399 + 0.013959 + 0.0111436 + 0.000162734) \\
 0.3 \text{ s} &= M \times (0.065165334) \\
 M &= \frac{0.3}{0.065165334} \\
 M &= 4.603674708 \\
 (\text{Range} : 0 \text{ sampai } 100, \text{ dengan steps } 0.01) \\
 \text{Time Dial} &= 4.61
 \end{aligned}$$

Instantaneous Pick Up

$$\begin{aligned}
 & \text{Isc Max 4 Cycle Bus SWGR-1003B} \times \\
 & \frac{\text{kV Sekunder}}{\text{kV Primer}} < I \gg < 0.8 \times \text{Isc Min Bus SWG/MCC-1000} \\
 & 36060 \times \frac{0.38}{4.16} < I \gg < 0.8 \times 4380 \\
 & 3293.9423 < I \gg < 3504 \\
 & \frac{3293.9423}{200} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{3504}{200} \text{ In} \\
 & 16.4697 \text{ In} < \text{Tap} < 17.52 \text{ In} \\
 & (\text{Range} : 0.05 \text{ sampai } 20, \text{ dengan steps } 0.01) \\
 & \text{Dipilih Tap} = 17.5 \text{ In} \\
 & \text{Iset} = 3500 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Time Delay

$$\begin{aligned}
 & (\text{Range} : 0 \text{ sampai } 600 \text{ s, dengan steps } 0.01) \\
 & \text{Dipilih Time Delay} = 0.1 \text{ s}
 \end{aligned}$$

4. Relay OCR 1000/52-1

Manufacturer : GE – Multilin

Model : SR – 745
 FLA Primer T-1001 : 277.6
 Isc Max 4 cycle SWG/MCC-1000 : 7800 A
 Curve Type : IAC – Inverse
 CT Ratio : 300 / 5

Time Overcurrent Pickup

$$\begin{aligned}
 1.05 \times \text{FLA Primer T-1001} &< \text{Iset} < 1.4 \times \text{FLA Primer T-1001} \\
 1.05 \times 277.6 &< \text{Iset} < 1.4 \times 277.6 \\
 291.48 &< \text{Iset} < 388.64 \\
 \frac{291.48}{300} \text{ In} &< \text{Tap} < \frac{388.64}{300} \text{ In} \\
 0.97164 \text{ In} &< \text{Tap} < 1.59546 \text{ In} \\
 (\text{Range} : 0.05 \text{ sampai } 20, \text{ dengan steps } 0.01) \\
 \text{Dipilih Tap} &= 1.59 \text{ In} \\
 \text{Iset} &= 477 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Time Dial

Waktu Operasi = 0.5 s

$$T = M \times \left(A + \frac{B}{\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C} + \frac{D}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^2} + \frac{E}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^3} \right)$$

Dimana : T = Trip Time (Second)
 M = Multiplier Setpoint ; M = TD
 I = Input Current (Isc Max 4 Cycle)
 I Pick Up = Pick Up Current Setpoint (Iset)
 A to E = Constant

$$\begin{aligned}
 0.5 \text{ s} &= M \times \left(0.2078 + \frac{0.8630}{\left(\frac{7800}{477}\right) - 0.8} + \frac{-0.4180}{\left(\left(\frac{7800}{477}\right) - 0.8\right)^2} + \right. \\
 &\quad \left. \frac{0.1947}{\left(\left(\frac{7800}{477}\right) - 0.8\right)^3} \right)
 \end{aligned}$$

$$0.5 \text{ s} = M \times (0.2078 + 0.05549 - 0.00172819 + 0.00005175)$$

$$0.5 \text{ s} = M \times (0.036161356)$$

$$M = \frac{0.5}{0.036161356}$$

$$M = 13.82743363$$

(Range : 0 sampai 100, dengan steps 0.01)

Time Dial = 14

Instantaneous Pick Up

Isc Max 4 Cycle Bus SWGR-1003B ×

kV Sekunder

kV Primer

$$< I_{\text{set}} < 0.8 \times \text{Isc Min Bus SWG/MCC-1000}$$

$$36060 \times \frac{0.38}{4.16} < I_{\text{set}} < 0.8 \times 4380$$

$$3293.9423 < I_{\text{set}} < 3504$$

$$\frac{3293.9423}{300} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{3504}{300} \text{ In}$$

$$10.9798 \text{ In} < \text{Tap} < 11.68 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

Dipilih Tap = 11.5 In

Iset = 3450 A

Time Delay

(Range : 0 sampai 600 s, dengan steps 0.01)

Dipilih Time Delay = 0.1 s

5. Relay OCR-TG50

Manufacturer : GE – Multilin

Model : SR – 750 / 760

FLA Generator TG-0050 : 433.7

Isc Max 30 cycle SWG/MCC-1000 : 4220 A

Curve Type : IAC – Inverse

CT Ratio : 600 / 5

Time Overcurrent Pickup

$$1.05 \times \text{FLA Gen. TG-0050} < \text{Iset} < 1.4 \times \text{FLA Gen. TG-0050}$$

$$1.05 \times 433.7 < \text{Iset} < 1.4 \times 433.7$$

$$455.385 < \text{Iset} < 607.18$$

$$\frac{455.385}{600} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{607.18}{600} \text{ In}$$

$0.758975 \text{ In} < \text{Tap} < 1.01196 \text{ In}$
 (Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)
 Dipilih Tap = 0.8 In
 Iset = 480 A

Time Dial

Waktu Operasi = 0.7 s

$$T = M \times \left(A + \frac{B}{\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C} + \frac{D}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^2} + \frac{E}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^3} \right)$$

Dimana : T = Trip Time (Second)
 M = Multiplier Setpoint ; M = TD
 I = Input Current (Isc Max 4 Cycle)
 I Pick Up = Pick Up Current Setpoint (Iset)
 A to E = Constant

$$0.7 \text{ s} = M \times \left(0.2078 + \frac{0.8630}{\left(\frac{4220}{480}\right) - 0.8} + \frac{-0.4180}{\left(\left(\frac{4220}{480}\right) - 0.8\right)^2} + \frac{0.1947}{\left(\left(\frac{4220}{480}\right) - 0.8\right)^3} \right)$$

$$0.7 \text{ s} = M \times (0.2078 + 0.107987 - 0.00654487 + 0.00038146)$$

$$0.7 \text{ s} = M \times (0.030962359)$$

$$M = \frac{0.7}{0.030962359}$$

$$M = 22.653721$$

(Range : 0 sampai 100, dengan steps 0.01)

Time Dial = 22.6

Instantaneous Pick Up

$1.6 \times \text{FLA Gen. TG-0050} < I_{pu} < 0.8 \times \text{Isc Min SWG/MCC-1000}$

$$1.6 \times 433.7 < I_{pu} < 0.8 \times 3870$$

$$693.92 < I_{pu} < 3096$$

$$\frac{693.92}{600} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{3096}{600} \text{ In}$$

$$1.156 \text{ In} < \text{Tap} < 6.16 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

Dipilih Tap = 6 In

Iset = 3600 A

Time Delay

(*Range* : 0 sampai 600 s, dengan steps 0.01)

Dipilih *Time Delay*= 0.3 s

Selanjutnya dapat digambarkan kurva TCC menggunakan fitur *star device* pada software ETAP 12.6. Untuk menggambarkan kurva TCC dari peralatan pengaman diperlukan data dari peralatan pengaman tersebut. Data dari peralatan pengaman tipikal Nilam diperlihatkan pada tabel 4.7

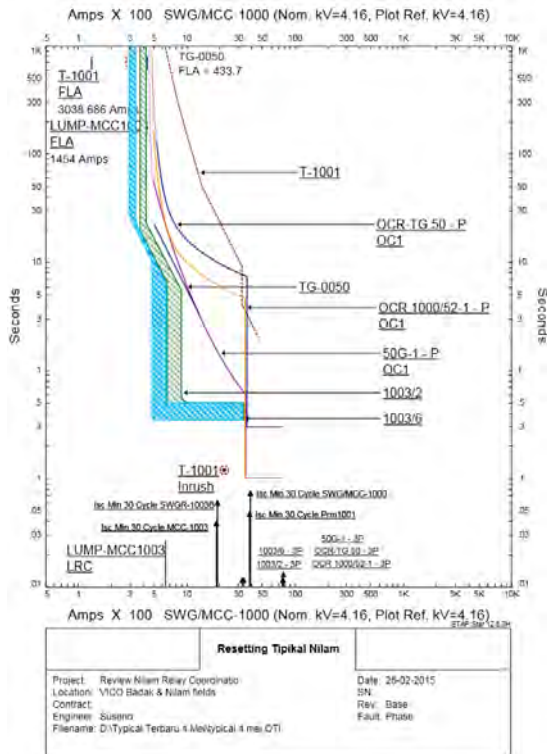
Tabel 4.7 Data *Resetting* Peralatan Pengaman Tipikal Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
LVCB 1003/6	Merlin Gerlin	STR 58U	Sensor : 3000 A	LTPU	1	Tidak Ada	
				LTPU Band	15		
				STPU	2		
				STPU Band	0.5		
LVCB 1003/2	Moeller	IZM-U	Sensor : 4000 A	LTPU	0.94	Tidak Ada	
				LTPU Band	15		
				STPU	2.2		
				STPU Band	0.4		
Rele 50G-1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	200 / 5	Curve Type	ANSI-Extremely Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	17.5
				Tap	2.25	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	4.61		

Tabel 4.7 Data *Resetting* Peralatan Pengaman Tipikal Nilam (Lanjutan)

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele OCR 1000/52-1	GE - Multilin	SR - 745	300 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	11.5
				Tap	1.59	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	14		
Rele OCR-TG 50	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	6
				Tap	0.8	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	22.6		

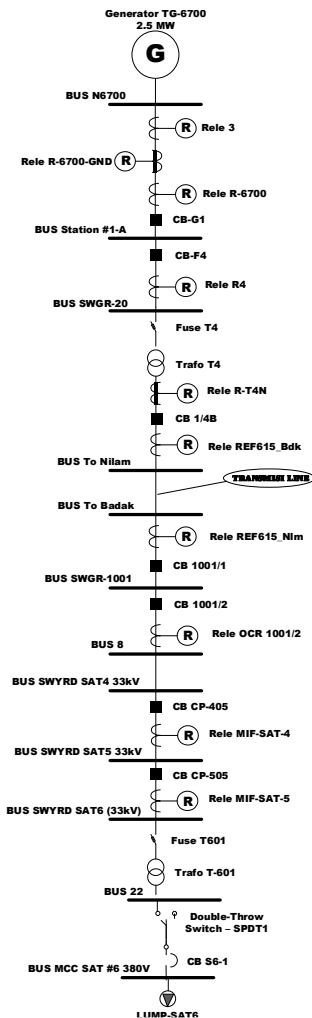
Setelah mengetahui *setting resetting* dan data rele yang akan dikoordinasikan, maka selanjutnya akan dilakukan plot kurva TCC :



Gambar 4.14 Kurva TCC *Resetting* Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Nilam

4.5.3 Koordinasi *Resetting* Peralatan Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Badak - Nilam

Koordinasi pengaman sistem kelistrikan dari generator Badak ke Beban Nilam, mulai generator TG-6700 sampai transformator T-601. Pemilihan tipikal ini merupakan jalur terpanjang dari sistem kelistrikan Badak ke Nilam. Rele pengaman yang dikoordinasikan adalah LVCB S6-1, Rele MIF-SAT-5, Rele MIF-SAT-4, Rele 1001/2, Rele REF615_Nlm, Rele REF615_Bdk, Rele R4, Rele R-6700, dan Rele 3. Model *Single Line Diagram* Tipikal Badak - Nilam dapat dilihat pada Gambar 4.15



Gambar 4.15 Model *Single Line Diagram* Tipikal Badak - Nilam

Berikut ini perhitungan parameter – parameter dari masing – masing rele di Tipikal Badak – Nilam.

1. LVCB – S6-1

Manufacture : General Electric
Model : EC-1-AK-15-25-30 (LSI 15×)
Rating Plug : 800 Ampere

Long Time

LT Pickup :

$$1.05 \times \text{FLA Sekunder T-601} < \text{Iset} < 1.4 \times \text{FLA Sekunder T-601}$$

$$1.05 \times 957.2 < \text{Iset} < 1.4 \times 957.2$$

$$1005.06 < \text{Iset} < 1340.08$$

$$\frac{1005.06}{800} < \text{Tap} < \frac{1340.08}{800}$$

$$1.25 < \text{Tap} < 1.6751$$

(Range : 0.4 ; 0.45 ; 0.5 ; 0.55 ; 0.6 ; 0.65 ; 0.7 ; 0.8 ; 0.9 ; 1.0)

Dipilih Tap = 1.45

Iset = 1160 A

Dipilih LT Band = 1C-Min

Short Time

ST Pickup :

$$1.6 \times \text{FLA Sekunder T-601} < \text{Iset} < 0.8 \times \text{Isc Min Bus MCC SAT\#6}$$

$$1.6 \times 957.2 < \text{Iset} < 0.8 \times 8980$$

$$1531.52 < \text{Iset} < 7184$$

$$\frac{1531.52}{800} < \text{Tap} < \frac{7184}{800}$$

$$1.9144 < \text{Tap} < 8.98$$

(Range : 1.25 ; 1.5 ; 2 ; 2.5 ; 3 ; 4 ; 6 ; 8 ; 10 ; 12)

Dipilih Tap = 2.5

Iset = 2000 A

Dipilih ST Band = 2A-Max

2. Relay MIF SAT 5

Manufacturer : GE – Multilin
Model : SR – 750 / 760
FLA Primer T-601 : 11.02
Isc Max 4 cycle SWYRD SAT5 : 862 A
Curve Type : IEC – A
CT Ratio : 15 / 5

Time Overcurrent Pickup

$$1.05 \times \text{FLA Primer T-601} < \text{Iset} < 1.4 \times \text{FLA Primer T-601}$$

$$1.05 \times 11.02 < \text{Iset} < 1.4 \times 11.02$$

$$11.571 < \text{Iset} < 15.428$$

$$\frac{11.571}{15} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{15.428}{15} \text{ In}$$

$$0.7714 \text{ In} < \text{Tap} < 1.05853 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

$$\text{Dipilih Tap} = 1.05 \text{ In}$$

$$\text{Iset} = 15.75 \text{ A}$$

Time Dial

$$\text{Waktu Operasi} = 0.3 \text{ s}$$

$$T = M \times \left(\frac{K}{\left(\frac{I}{I_{pu}} \right)^E - 1} \right)$$

Dimana : T = Trip Time (Second)

M = Multiplier Setpoint ; M = TD

I = Input Current (Isc Max 4 Cycle)

I Pick Up = Pick Up Current Setpoint (Iset)

K, E = Constant

$$0.3 \text{ s} = M \times \left(\frac{0.140}{\left(\frac{862}{15.75} \right)^{0.020} - 1} \right)$$

$$0.3 \text{ s} = M \times (1.679877913)$$

$$M = \frac{0.3}{1.679877913}$$

$$M = 0.1786777844$$

(Range : 0 sampai 100, dengan steps 0.01)

$$\text{Time Dial} = 0.18$$

Instantaneous Pick Up

$$\text{Isc Max 4 Cycle Bus 22} \times \frac{\text{kV Sekunder}}{\text{kV Primer}} < I_{pu} < 0.8 \times \text{Isc Min SWYRD SAT5}$$

$$11470 \times \frac{0.38}{33} < I_{pu} < 0.8 \times 465$$

$$132.078 < I_{pu} < 372$$

$$\frac{132.078}{15} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{372}{15} \text{ In}$$

$$8.8052 \text{ In} < \text{Tap} < 24.8 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

Dipilih Tap = 10.15 In

Iset = 152.25 A

Time Delay

(Range : 0 sampai 600 s, dengan steps 0.01)

Dipilih Time Delay = 0.14 s

3. Relay MIF SAT 4

Manufacturer : GE – Multilin

Model : SR – 750 / 760

FLA Total : FLA Primer T-601 + T-501 (22.04)

Isc Max 4 cycle SWYRD SAT4 : 917 A

Curve Type : IAC – Inverse

CT Ratio : 30 / 5

Time Overcurrent Pickup

$$1.05 \times \text{FLA Total} < \text{Iset} < 1.4 \times \text{FLA Total}$$

$$1.05 \times 22.04 < \text{Iset} < 1.4 \times 22.04$$

$$23.142 < \text{Iset} < 30.856$$

$$\frac{23.142}{30} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{30.856}{30} \text{ In}$$

$$0.7714 \text{ In} < \text{Tap} < 1.02853 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

Dipilih Tap = 0.85 In

Iset = 25.5 A

Time Dial

Waktu Operasi = 0.5 s

$$T = M \times \left(A + \frac{B}{\left(\frac{I}{I_{pu}} \right) - C} + \frac{D}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}} \right) - C \right)^2} + \frac{E}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}} \right) - C \right)^3} \right)$$

Dimana : T = Trip Time (Second)

M = Multiplier Setpoint ; M = TD

I = *Input Current* (Isc Max 4 Cycle)

I Pick Up = *Pick Up Current Setpoint* (Iset)

A to E = *Constant*

$$0.5 \text{ s} = M \times \left(0.2078 + \frac{0.8630}{\left(\frac{917}{24}\right) - 0.8} + \frac{-0.4180}{\left(\left(\frac{917}{24}\right) - 0.8\right)^2} + \frac{0.1947}{\left(\left(\frac{917}{24}\right) - 0.8\right)^3} \right)$$

$$0.5 \text{ s} = M \times (0.2078 + 0.023069 - 0.0002987 + 0.000003719297)$$

$$0.5 \text{ s} = M \times (0.2305740193)$$

$$M = \frac{0.5}{0.2305740193}$$

$$M = 2.168501037$$

(Range : 0 sampai 100, dengan steps 0.01)

Time Dial = 2.17

Instantaneous Pick Up

$$1.6 \times \text{FLA Total} < I_{\text{pick up}} < 0.8 \times \text{Isc Min SWYRD SAT 4}$$

$$1.6 \times 22.04 < I_{\text{pick up}} < 0.8 \times 478$$

$$35.264 < I_{\text{pick up}} < 382.4$$

$$\frac{35.264}{30} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{382.4}{30} \text{ In}$$

$$1.175 \text{ In} < \text{Tap} < 12.746 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

Dipilih Tap = 5.45 In

Iset = 163.5 A

Time Delay

(Range : 0 sampai 600 s, dengan steps 0.01)

Dipilih Time Delay = 0.3 s

4. Relay OCR 1001 / 2

Manufacturer : GE – Multilin

Model : SR – 750 / 760

FLA Total : 33.06

Isc Max 30 cycle SWYRD SAT4 : 616 A

Curve Type : IAC – Inverse

CT Ratio : 30 / 5

Time Overcurrent Pickup

$$1.05 \times \text{FLA Total} < \text{Iset} < 1.4 \times \text{FLA Total}$$

$$1.05 \times 33.06 < \text{Iset} < 1.4 \times 33.06$$

$$34.713 < \text{Iset} < 46.284$$

$$\frac{34.713}{30} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{46.284}{30} \text{ In}$$

$$1.1571 \text{ In} < \text{Tap} < 1.5428 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

$$\text{Dipilih Tap} = 1.2 \text{ In}$$

$$\text{Iset} = 36 \text{ A}$$

Time Dial

$$\text{Waktu Operasi} = 0.7 \text{ s}$$

$$T = M \times \left(A + \frac{B}{\left(\frac{I}{I_{pu}} \right) - C} + \frac{D}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}} \right) - C \right)^2} + \frac{E}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}} \right) - C \right)^3} \right)$$

Dimana : T = Trip Time (Second)

M = Multiplier Setpoint ; M = TD

I = Input Current (Isc Max 4 Cycle)

I Pick Up = Pick Up Current Setpoint (Iset)

A to E = Constant

$$0.7 \text{ s} = M \times \left(0.2078 + \frac{0.8630}{\left(\frac{616}{36} \right) - 0.8} + \frac{-0.4180}{\left(\left(\frac{616}{36} \right) - 0.8 \right)^2} + \frac{0.1947}{\left(\left(\frac{616}{36} \right) - 0.8 \right)^3} \right)$$

$$0.7 \text{ s} = M \times (0.2078 + 0.0529087 - 0.0015711 + 0.000044865)$$

$$0.7 \text{ s} = M \times (0.259182465)$$

$$M = \frac{0.5}{0.259182465}$$

$$M = 2.70079$$

(Range : 0 sampai 100, dengan steps 0.01)

$$\text{Time Dial} = 2.71$$

Instantaneous Pick Up

$$1.6 \times \text{FLA Total} < I_{\gg} < 0.8 \times \text{Isc Min SWGR-1001}$$

$$1.6 \times 33.06 < I_{\gg} < 0.8 \times 497$$

$$52.896 < I_{\gg} < 397.6$$

$$\frac{52.896}{30} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{397.6}{30} \text{ In}$$

$$1.7632 \text{ In} < \text{Tap} < 13.253 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

Dipilih Tap = 6 In

Iset = 180 A

Time Delay

(Range : 0 sampai 600 s, dengan steps 0.01)

Dipilih Time Delay = 0.5 s

5. Relay REF 615 Nlm

Manufacturer : ABB

Model : REF 545

FLA Total : 105.318

Isc Max 30 cycle Bus To Badak : 643 A

Curve Type : Normal Inverse

CT Ratio : 100 / 5

Time Overcurrent Pickup

$$1.05 \times \text{FLA Total} < \text{Iset} < 1.4 \times \text{FLA Total}$$

$$1.05 \times 105.318 < \text{Iset} < 1.4 \times 105.318$$

$$110.5839 < \text{Iset} < 147.4452$$

$$\frac{110.5839}{100} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{147.4452}{100} \text{ In}$$

$$5.529195 \text{ In} < \text{Tap} < 7.37226 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 40 × CT Sec, dengan steps 0.1)

Dipilih Tap = 6 In

Iset = 600 A

Time Dial

Waktu Operasi = 0.9 s

$$\frac{0.14}{(M \times 0.02)^{-1} \times \text{TD}}$$

$$\frac{0.14}{(0.9 \times 0.02)^{-1} \times \text{TD}}$$

$$\frac{0.14}{(0.018)^{-1} \times \text{TD}}$$

$$1 = \frac{0.14}{55.55 \times \text{TD}}$$

$$55.55 \text{ TD} = 0.14$$

$$55.55 \text{ TD} = 0.14$$

$$\text{TD} = \frac{0.14}{55.55}$$

$$\text{TD} = 0.0452$$

(Range : 0.05 sampai 40, dengan steps 0.01)

Time Dial = 0.05

Instantaneous Pick Up

$$1.6 \times \text{FLA Total} < I_{\text{set}} < 0.8 \times \text{Isc Min SWGR-1001}$$

$$1.6 \times 105.318 < I_{\text{set}} < 0.8 \times 497$$

$$168.5088 < I_{\text{set}} < 397.6$$

$$\frac{168.5088}{100} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{397.6}{100} \text{ In}$$

$$1.685088 \text{ In} < \text{Tap} < 3.976 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 40 × CT Sec, dengan steps 0.01)

Dipilih Tap = 2 In

Iset = 200 A

Time Delay

(Range : 0.05 sampai 300, dengan steps 0.1)

Dipilih *Time Delay* = 0.5 s

6. Relay REF 615 Bdk

Manufacturer : ABB

Model : REF 545

FLA Sekunder T4 : 52.49

Isc Max 30 cycle Bus To Nilam : 656 A

Curve Type : Normal Inverse

CT Ratio : 100 / 5

Time Overcurrent Pickup

$$1.05 \times \text{FLA Sekunder T4} < \text{Iset} < 1.4 \times \text{FLA Sekunder T4}$$

$$1.05 \times 52.49 < \text{Iset} < 1.4 \times 52.49$$

$$55.1145 < \text{Iset} < 73.486$$

$$\frac{55.1145}{100} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{73.486}{100} \text{ In}$$

$$0.551145 \text{ In} < \text{Tap} < 0.73486 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 40 ×CT Sec, dengan steps 0.1)

Dipilih Tap = 0.7 In

Iset = 60 A

Time Dial

Waktu Operasi = 0.9 s

$$\frac{0.14}{(M \times 0.02)^{-1} \times \text{TD}}$$

$$\frac{0.14}{(0.9 \times 0.02)^{-1} \times \text{TD}}$$

$$\frac{0.14}{(0.018)^{-1} \times \text{TD}}$$

$$1 = \frac{55.55 \times \text{TD}}{55.55 \times \text{TD} = 0.14}$$

$$55.55 \text{ TD} = 0.14$$

$$\text{TD} = \frac{0.14}{55.55}$$

$$\text{TD} = 0.0452$$

(Range : 0.05 sampai 40, dengan steps 0.01)

Time Dial = 0.05

Instantaneous Pick Up

$$1.6 \times \text{FLA Sekunder T4} < \text{I} > < 0.8 \times \text{Isc Min Bus To Nilam}$$

$$1.6 \times 52.49 < \text{I} > < 0.8 \times 508$$

$$83.984 < \text{I} > < 406.4$$

$$\frac{83.984}{100} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{406.4}{100} \text{ In}$$

$$0.83984 \text{ In} < \text{Tap} < 4.064 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 40 ×CT Sec, dengan steps 0.1)

Dipilih Tap = 2.5 In

Iset = 100 A

Time Delay

(Range : 0.05 sampai 300, dengan steps 0.1)

Dipilih Time Delay = 0.5 s

7. **Relay R4**

Manufacturer	: GE – Multilin
Model	: SR – 750 / 760
FLA Primer T4	: 416.4
Isc Max 4 cycle Station #1-A	: 15900 A 7489
Curve Type	: IAC – Inverse
CT Ratio	: 400 / 5

Time Overcurrent Pickup

$$1.05 \times \text{FLA Primer T4} < \text{Iset} < 1.4 \times \text{FLA Primer T4}$$

$$1.05 \times 416.4 < \text{Iset} < 1.4 \times 416.4$$

$$437.22 < \text{Iset} < 582.96$$

$$\frac{437.22}{400} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{582.96}{400} \text{ In}$$

$$1.09305 \text{ In} < \text{Tap} < 2.574 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

Dipilih Tap = 1.95 In

Iset = 780 A

Time Dial

Waktu Operasi = 1.1 s

$$T = M \times \left(A + \frac{B}{\left(\frac{I}{I_{pu}} \right) - C} + \frac{D}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}} \right) - C \right)^2} + \frac{E}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}} \right) - C \right)^3} \right)$$

Dimana : T = Trip Time (Second)

M = Multiplier Setpoint ; M = TD

I = Input Current (Isc Max 4 Cycle)

I Pick Up = Pick Up Current Setpoint (Iset)

A to E = Constant

$$1.1 \text{ s} = M \times \left(0.2078 + \frac{0.8630}{\left(\frac{7489}{1040}\right) - 0.8} + \frac{-0.4180}{\left(\left(\frac{7589}{1040}\right) - 0.8\right)^2} + \frac{0.1947}{\left(\left(\frac{7589}{1040}\right) - 0.8\right)^3} \right)$$

$$1.1 \text{ s} = M \times (0.2078 + 0.13482 - 0.0099022 + 0.000709911)$$

$$1.1 \text{ s} = M \times (0.333427711)$$

$$M = \frac{1.1}{0.333427711}$$

$$M = 3.299065925$$

(Range : 0 sampai 100, dengan steps 0.01)

Time Dial = 3.3

Instantaneous Pick Up

$$1.6 \times \text{FLA Primer T4} < I_{\text{sc}} < 0.8 \times \text{Isc Min Bus Station \#1-A}$$

$$1.6 \times 416.4 < I_{\text{sc}} < 0.8 \times 5750$$

$$666.24 < I_{\text{sc}} < 4600$$

$$\frac{666.24}{400} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{4600}{400} \text{ In}$$

$$1.6656 \text{ In} < \text{Tap} < 11.5 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

$$\text{Dipilih Tap} = 5.5 \text{ In}$$

$$\text{Iset} = 2200 \text{ A}$$

Time Delay

(Range : 0 sampai 600 s, dengan steps 0.01)

$$\text{Dipilih Time Delay} = 0.14 \text{ s}$$

1. Relay R-6700

Manufacturer : GE – Multilin

Model : SR – 750 / 760

FLA Generator TG-6700 : 433.7

Isc Max. 30 cycle Station #1-A : 7490 A

Curve Type : IAC – Inverse

CT Ratio

: 600 / 5

Time Overcurrent Pickup

$$1.05 \times \text{FLA Gen.TG-6700} < \text{Iset} < 1.4 \times \text{FLA Gen.TG-6700}$$

$$1.05 \times 433.7 < \text{Iset} < 1.4 \times 433.7$$

$$455.385 < \text{Iset} < 607.18$$

$$\frac{455.385}{600} \text{ In} < \text{Tap} < \frac{607.18}{600} \text{ In}$$

$$0.7589 \text{ In} < \text{Tap} < 1.41196 \text{ In}$$

(Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)

$$\text{Dipilih Tap} = 0.8 \text{ In}$$

$$\text{Iset} = 480 \text{ A}$$

Time Dial

$$\text{Waktu Operasi} = 1.3 \text{ s}$$

$$T = M \times \left(A + \frac{B}{\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C} + \frac{D}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^2} + \frac{E}{\left(\left(\frac{I}{I_{pu}}\right) - C\right)^3} \right)$$

Dimana : T = Trip Time (Second)

M = Multiplier Setpoint ; M = TD

I = Input Current (Isc Max 4 Cycle)

I Pick Up = Pick Up Current Setpoint (Iset)

A to E = Constant

$$1.3 \text{ s} = M \times \left(0.2078 + \frac{0.8630}{\left(\frac{7490}{840}\right) - 0.8} + \frac{-0.418}{\left(\left(\frac{7490}{840}\right) - 0.8\right)^2} + \frac{0.1947}{\left(\left(\frac{7490}{840}\right) - 0.8\right)^3} \right)$$

$$1.3 \text{ s} = M \times (0.2078 + 0.1063244 - 0.00634484 + 0.00036411)$$

$$1.3 \text{ s} = M \times (0.30814367)$$

$$M = \frac{1.3}{0.30814367}$$

$M = 4.22077922$
 (Range : 0 sampai 100, dengan steps 0.01)
Time Dial = 4.23

Instantaneous Pick Up

$1.6 \times \text{FLA Gen.TG-6700} < I_{\text{set}} < 0.8 \times \text{Isc Min Station \#1-A}$
 $1.6 \times 433.7 < I_{\text{set}} < 0.8 \times 5750$
 $693.92 < I_{\text{set}} < 4600$
 $\frac{693.92}{600} I_n < \text{Tap} < \frac{4600}{600} I_n$
 $1.15653 I_n < \text{Tap} < 7.66 I_n$
 (Range : 0.05 sampai 20, dengan steps 0.01)
 Dipilih Tap = 7 I_n
 Iset = 4200 A

Time Delay

(Range : 0 sampai 600 s, dengan steps 0.01)
 Dipilih *Time Delay* = 0.3 s

2. Relay 3

Manufacturer : ABB
 Model : CO (Circuit Opening)
 FLA Generator TG-6700 : 433.7
 Isc Max. 30 cycle Station #1-A : 7490 A
Curve Type : CO8 – Inverse
 CT Ratio : 600 / 5

Time Overcurrent Pickup

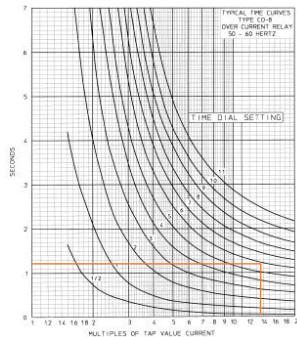
$1.05 \times \text{FLA Gen.TG-6700} < I_{\text{set}} < 1.4 \times \text{FLA Gen.TG-6700}$
 $1.05 \times 433.7 < I_{\text{set}} < 1.4 \times 433.7$
 $455.385 < I_{\text{set}} < 607.18$
 $\frac{455.385}{600/5} < \text{Tap} < \frac{607.18}{600/5}$
 $3.794 < \text{Tap} < 5.059$
 (Range : 0.5 sampai 2.5 Sec - 5A)
 Dipilih Tap = 4.5
 Iset = 540 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi ketika terjadi hubung singkat maksimum di bus Station #1-A = 1.2 s

Multiple Tap Current Setting (MTCS)

$$MTCS = \frac{I_{sc} \text{ Max 30 cycle Station \#1-A}}{I_{pickup}} = \frac{7490}{540} = 13.87$$



Gambar 4.16 Kurva MTCS (*Multiple of Tap Current Setting*) CO8 – Inverse

(Range : 0 sampai 100, dengan steps 0.01)

Time Dial = 6

Instantaneous Pick Up

Tidak Aktif

Time Delay

Tidak Aktif

Selanjutnya dapat digambarkan kurva TCC menggunakan fitur *star device* pada software ETAP 12.6. Untuk menggambarkan kurva TCC dari peralatan pengaman diperlukan data dari peralatan pengaman tersebut. Data dari peralatan pengaman tipikal Badak - Nilam diperlihatkan pada tabel 4.8

Tabel 4.8 Data *Resetting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak - Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
LVCB - S6-1	General Electric	EC-1 AK-15-25-30 (LSI 15x)	Sensor : 800 A	LTPU	1.45	Tidak Aktif	
				LTPU Band	1C-Min		
				STPU	2.5		
				STPU Band	2A-Max		
Rele MIF-SAT-5	GE - Multilin	SR - 750 / 760	15 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	10.15
				Tap	1.05	Delay (Sec)	0.14
				Time Dial	0.18		
Rele MIF-SAT-4	GE - Multilin	SR - 750 / 760	30 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	5.45
				Tap	0.85	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	2.17		

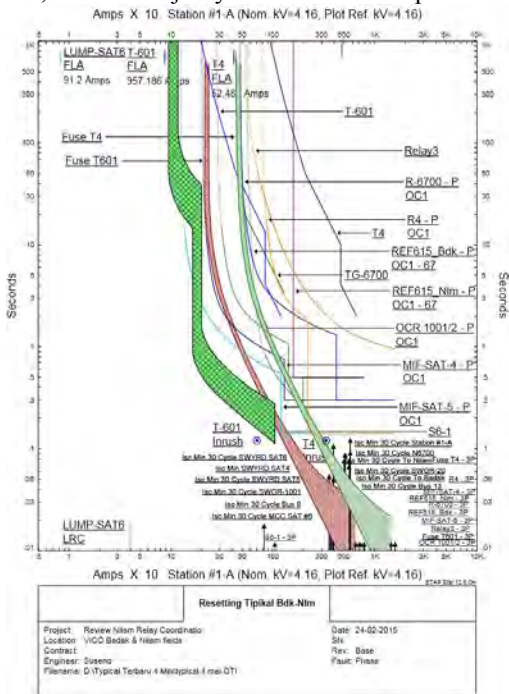
Tabel 4.8 Data *Resetting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak – Nilam (Lanjutan)

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele OCR 1001/2	GE - Multilin	SR - 750 / 760	30 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	6
				Tap	1.2	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	2.71		
Rele REF615_Nlm	ABB	REF 545	100 / 5	Curve Type	Normal Inverse	Pickup Range	0.05 - 40 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 40 XCT Sec	Tap	2
				Tap	6	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	0.05		
Rele REF615_Bdk	ABB	REF 545	100 / 5	Curve Type	Normal Inverse	Pickup Range	0.05 - 40 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 40 XCT Sec	Tap	2.5
				Tap	0.7	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	0.05		

Tabel 4.8 Data *Resetting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak – Nilam (Lanjutan)

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur r	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele R4	GE - Multilin	SR - 750 / 760	400 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	5.5
				Tap	1.95	Delay (Sec)	0.14
				Time Dial	3.3		
Rele R-6700	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	7
				Tap	0.8	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	4.23		
Rele 3	ABB	CO (Circuit Opening)	600 / 5	Curve Type	CO8 - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	2.5 - 10 Sec - 5A	Tap	
				Tap	4.5	Delay (Sec)	
				Time Dial	6		

Setelah mengetahui *setting resetting* dan data rele yang akan dikoordinasikan, maka selanjutnya akan dilakukan plot kurva TCC :



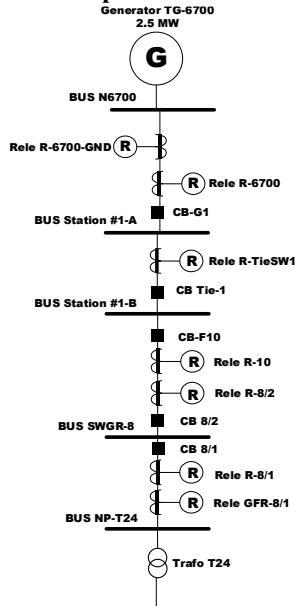
Gambar 4.17 Kurva TCC *Resetting* Pengaman Arus Lebih Fasa Tipikal Badak - Nilam

4.6 Analisis *Eksisting* Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan ke Tanah

Analisis dilakukan dengan melihat kurva TCC dari *eksisting* peralatan pengaman yang terpasang saat ini. Analisis dilakukan untuk mengetahui apakah setting dari rele arus lebih gangguan ke tanah sudah tepat atau diperlukan setting ulang.

Berikut adalah kondisi *eksisting* dari sistem pengaman yang terpasang dari tipikal sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia yang telah ditentukan beserta analisisnya.

1.6.1 Koordinasi *Eksisting* Peralatan Pengaman Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Badak



Gambar 4.18 Model *Single Line Diagram* Tipikal Badak

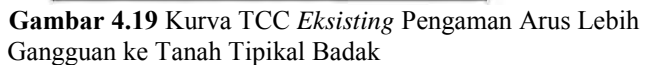
Fungsi rele diatas adalah sebagai berikut :

1. Rele GFR-8/1

Rele ini berfungsi untuk melindungi bus NP-T24 saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah.

2. Rele R-8/1
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus SWGR-8 saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah.
3. Rele R-8/2
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus SWGR-8 saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah serta merupakan back up dari rele R-8/1 jika gagal bekerja.
4. Rele R-10
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus Station #1-B saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah.
5. Rele R-TieSW1
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus Station #1-B saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah serta merupakan back up dari rele R-10 jika gagal bekerja.
6. Rele R-6700
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus Station #1-A saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah.
7. Rele R-6700-GND
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus N6700 saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah.

Setelah mengetahui *setting eksisting* dan data rele yang akan dikoordinasikan, maka selanjutnya akan dilakukan plot kurva TCC :

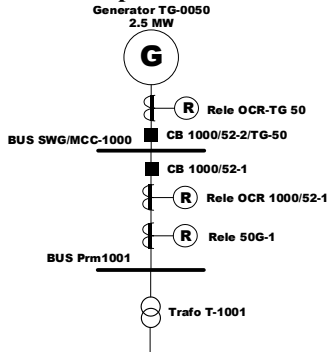


1. *Setting* rele arus lebih gangguan ke tanah kurang mampu mengamankan setiap bus yang ada di tipikal badak ini, dalam artian hanya beberapa bus dan peralatan saja yang diamankan.

Tabel 4.9 Data *Eksisting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
GFR-8/1 - G	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.116
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.01
				Time Dial	<i>Off</i>		
R-6700-GND - G	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	<i>Off</i>
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	<i>Off</i>
				Tap	0.8	Delay (Sec)	<i>Off</i>
				Time Dial	4.5		

1.6.1 Koordinasi *Eksisting* Peralatan Pengaman Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Nilam

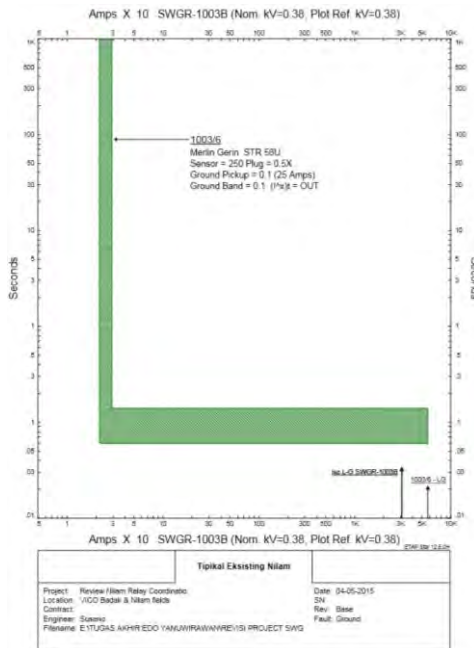


Gambar 4.20 Model *Single Line Diagram* Tipikal Nilam

Fungsi rele diatas adalah sebagai berikut :

1. Relé 50G-1
Relé ini berfungsi untuk melindungi bus Prm1001 saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah.
2. Relé OCR 1000/52-1
Relé ini berfungsi untuk melindungi bus SWG/MCC-1000 saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah.
3. Relé OCR-TG 50
Relé ini berfungsi untuk melindungi bus SWG/MCC-1000 saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah serta merupakan back up dari rele R-8/1 jika gagal bekerja dan juga melindungi generator TG-0050.

Setelah mengetahui *setting eksisting* dan data rele yang akan dikoordinasikan, maka selanjutnya akan dilakukan plot kurva TCC :



Gambar 4.21 Kurva TCC *Eksisting* Pengaman Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Nilam

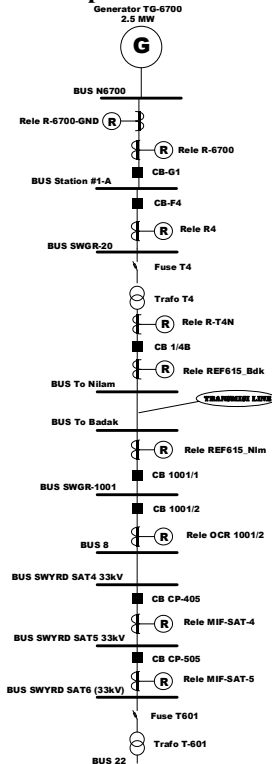
Dari hasil penggambaran kurva dari peralatan pengaman yang terpasang pada tipikal Nilam terdapat sedikit ketidaktepatan dalam penentuan *setting* sebagai berikut :

1. Setting rele arus lebih gangguan ke tanah kurang mampu mengamankan setiap bus yang ada di tipikal nilam ini, dalam artian hanya beberapa bus dan peralatan saja yang diamankan.

Tabel 4.10 Data *Eksisting* Peralatan Pengaman Tipikal Nilam

Rele				Setting		
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous
LVCB 1003/6	Merlin Gerlin	STR 58U	Sensor : 250 A	Ground Pickup	0.1	<i>Off</i>
				Ground Band	0.1	

1.6.1 Koordinasi *Eksisting* Peralatan Pengaman Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Badak – Nilam



Gambar 4.22 Model *Single Line Diagram* Tipikal Badak - Nilam

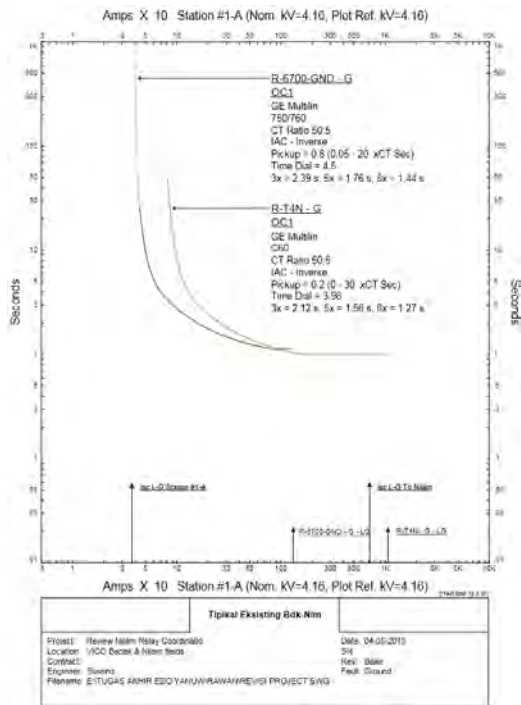
Fungsi rele diatas adalah sebagai berikut :

1. Rele MIF-SAT-5
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus SWYRD SAT6 saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah.
2. Rele MIF-SAT-4

Rele ini berfungsi untuk melindungi bus SWYRD SAT5 saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah serta merupakan back up dari rele MIF-SAT5 jika gagal bekerja.

3. Rele OCR 1001/2
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus 8 saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah serta merupakan back up dari rele MIF-SAT4 jika gagal bekerja.
4. Rele REF615_Nlm
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus To Badak saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah.
5. Rele REF615_Bdk
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus To Nilam saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah.
6. Rele R-T4N
Rele ini berfungsi untuk melindungi trafo T4 saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah.
7. Rele R4
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus SWGR-20 saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah.
8. Rele R-6700
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus Station #1-A saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah serta merupakan back up dari rele R4 jika gagal bekerja.
9. Rele R-6700-GND
Rele ini berfungsi untuk melindungi bus N6700 saat terjadi arus lebih gangguan ke tanah serta merupakan pengamanan terhadap generator TG-6700 terhadap arus lebih gangguan ke tanah.

Setelah mengetahui *setting eksisting* dan data rele yang akan dikoordinasikan, maka selanjutnya akan dilakukan plot kurva TCC :



Gambar 4.23 Kurva TCC *Eksisting* Pengaman Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Badak - Nilm

Dari hasil penggambaran kurva dari peralatan pengaman yang terpasang pada tipikal Badak - Nilm terdapat sedikit ketidaktepatan dalam penentuan *setting* sebagai berikut :

1. *Setting* rele arus lebih gangguan ke tanah kurang mampu mengamankan setiap bus yang ada di tipikal badak - nilm ini, dalam artian hanya beberapa bus dan peralatan saja yang diamankan.

Tabel 4.11 Data *Eksisting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak - Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
R-6700-GND - G	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	<i>IAC - Inverse</i>	Pickup Range	<i>Off</i>
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	<i>Off</i>
				Tap	0.8	Delay (Sec)	<i>Off</i>
				Time Dial	4.5		
R-T4N - G	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	<i>Off</i>
				Pickup Range	0 - 30 XCT Sec	Tap	<i>Off</i>
				Tap	0.2		

4.7 Analisis *Resetting* Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan ke Tanah

Koordinasi rele arus lebih gangguan ke tanah atau biasa disebut *ground fault* digunakan untuk mengatasi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. Pada koordinasi rele arus lebih gangguan ke tanah, parameter yang digunakan hanya *Instantaneous Pickup* dan *Time Delay* saja. Besarnya arus lebih gangguan ke tanah sangat dipengaruhi oleh NGR yang dipasang karena arus hubung singkat ke tanah maksimal sama dengan NGR yang dipasang. Dan apabila *grounding* trafonya berupa *solid grounded*, maka besarnya arus hubung singkat satu fasa ke tanah hampir sama dengan besarnya arus hubung singkat 3 fasa, sehingga setting rele gangguan ke tanah disamakan dengan setting rele fasa.

Sistem kelistrikan *eksisting* pada PT VICO Indonesia adalah radial dengan tiga level tegangan utama, yaitu 33 kV untuk proses transmisi kelistrikan, 4.16 kV dan 0.38 kV untuk proses distribusi ke beban. Sedangkan pentanahan yang digunakan adalah seperti pada Tabel 4.12

Tabel 4.12 Tingkat Tegangan dan Pentanahan Peralatan

No	Peralatan	Rating Tegangan	Hubungan Belitan	Pentanahan
1.	Generator TG-6700	4.16 kV	Bintang	NGR 12 A
2.	Generator TG-6710	4.16 kV	Bintang	NGR 12 A
3.	Generator TG-6720	4.16 kV	Bintang	NGR 12 A
4.	Generator TG-0050	4.16 kV	Bintang	NGR 12 A
5.	Trafo T24	4.16/0.38 kV	Delta – Bintang	Solid

6.	Trafo T4	4.16/33 kV	Delta – Bintang	Solid
7.	Trafo T-601	33/0.38 kV	Delta – Bintang	Solid
8.	Trafo T-1001	4.16/0.38 kV	Delta – Bintang	Solid

Dengan konfigurasi sistem berdasarkan tingkat tegangan dan pentanahan peralatan seperti ini, maka mengakibatkan koordinasi peralatan pengaman arus gangguan ke tanah dapat dipisahkan pada tiap level tegangan, karena jika terjadi gangguan pada satu level tegangan tertentu, pengaman yang berada pada satu feeder dengan tegangan berbeda tidak akan merasakan gangguan.

Berikut ini Tabel 4.13 Data Arus Gangguan ke Tanah pada Bus.

Tabel 4.13 Data Arus Gangguan ke Tanah pada Bus

No	ID Bus	Tegangan	Arus Hubung Singkat Gangguan ke Tanah
1.	N6700	4.16 Kv	0.037 kA
2.	Station #1-A	4.16 Kv	0.037 kA
3.	Station #1-B	4.16 kV	0.037 kA
4.	SWGR-8	4.16 Kv	0.037 kA
5.	NP-T24	4.16 Kv	0.037 kA
6.	MCC-8	0.38 kV	23.55 kA
7.	Bus 13	4.16 Kv	0.037 kA
8.	SWGR-20	4.16 kV	0.037 kA
9.	SWGR-1001	33 kV	0.879 kA

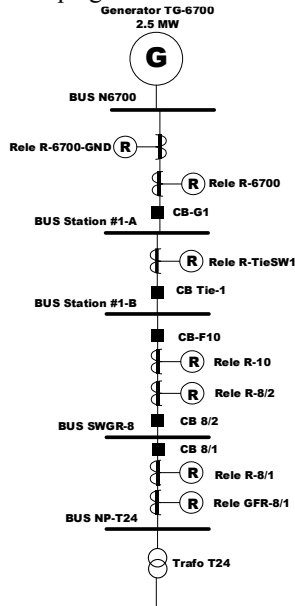
10.	Bus 8	33 kV	0.878 kA
11.	SWYRD SAT4 33kV	33 kV	0.81 kA
12.	SWYRD SAT5 33Kv	33 kV	0.766 kA
13.	SWYRD SAT6 (33Kv)	33 kV	0.719 kA
14.	MCC SAT #6 380V	0.38 kV	11.6 kA
15.	SWG/MCC-1000	4.16 kV	0.012 kA
16.	Prm1001	4.16 kV	0.012 kA
17.	SWGR-1003B	0.38 kV	30.93 kA
18.	MCC-1003	0.38 kV	29.31 kA
19.	To Badak	33 kV	0.879 kA
20.	To Nilam	33 kV	0.896 kA

4.7.1 Koordinasi *Resetting* Peralatan Pengaman Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Badak

Pada tipikal Badak, ditengah jalur sistem kelistrikanya terdapat trafo T24 yang memiliki konfigurasi *Delta-Wye Solid*, sehingga tipikal badak hanya memiliki 1 zona saja yang saling berhubungan apabila terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. Karena *grounding* trafonya berupa *solid grounded*, maka besarnya arus hubung singkat satu fasa ke tanah hampir sama dengan besarnya arus hubung singkat 3 fasa, sehingga setting rele gangguan ke tanah disamakan dengan *setting* rele fasa.

Maka koordinasi rele arus lebih gangguan ke tanah pada tipikal Badak ini bisa dimulai dari Trafo T24 sampai ke Generator TG-6700, pada zona ini terdapat 7 relay, yaitu Relay GFR-8/1, Relay R-8/1, Relay R-8/2, Relay R-10, Relay R-Tie SW1, Relay R-6700, dan Relay R-

6700-GND. Untuk Relay R-6700-GND dan Relay R-6700 besarnya arus hubung singkat satu fasa ke tanah sama dengan besarnya NGR terpasang di Generator TG-6700, yaitu 12 Ampere. Sedangkan untuk rele yang lain besarnya arus hubung singkat satu fasa ke tanah adalah penjumlahan yang terpasang pada beberapa generator tersebut.



Gambar 4.24 Model *Single Line Diagram* Tipikal Badak

Dan berikut ini perhitungan untuk mendapatkan nilai *instantaneous pickup* dan *time delay* pada rele ditipikal Badak.

1. Relay GFR-8/1

Manufacturer : GE - Multilin
 Model : SR 750 / 760
 Curve Type : Definite Time
 CT Ratio : 50 / 5
 Isc L-G NP-T24 : 37 A (4.16 kV)

Instantaneous Pickup

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G NP-T24} \leq I_{\gg} \leq 50\% \times \text{Isc L-G NP-T24}$$

$$5 - 10\% \times 37 \leq I_{\gg} \leq 50\% \times 37$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\gg} = 4 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{4}{50} = 0.08$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 0.1 s

2. **Relay R8/1**

Manufacturer : GE - Multilin

Model : SR 750 / 760

Curve Type : Definite Time

CT Ratio : 200 / 5

Isc L-G SWGR-8 : 37 A (4.16 kV)

Instantaneous Pickup

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G SWGR - 8} \leq I_{\gg} \leq 50\% \times \text{Isc L-G SWGR-8}$$

$$5 - 10\% \times 37 \leq I_{\gg} \leq 50\% \times 37$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\gg} = 10 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{10}{200} = 0.05$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 0.3 s

3. **Relay R8/2**

Manufacturer : GE - Multilin

Model : SR 750 / 760

Curve Type : Definite Time

CT Ratio : 400 / 5

Isc L-G SWGR-8 : 37 A (4.16 kV)

Instantaneous Pickup

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G SWGR - 8} \leq I_{\gg} \leq 50\% \times \text{Isc L-G SWGR - 8}$$

$$5 - 10\% \times 37 \leq I_{\gg} \leq 50\% \times 37$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\gg} = 18.5 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{18.5}{400} = 0.04625$$

Pada kasus ini, tidak ada tap yang dapat memenuhi *range* dari relay. Oleh karena itu, disarankan untuk menambah *current transformer* untuk *ground* dengan rasio 100/5 yang dipasang secara Z CT. Dengan menambah CT untuk *ground* dengan rasio 100/5 maka perhitungannya akan menjadi seperti di bawah ini :

$$5 - 10\% \times I_{\text{sc L-G SWGR}} - 8 \leq I_{\text{set}} \leq 50\% \times I_{\text{sc L-G SWGR}} - 8$$

$$5 - 10\% \times 37 \leq I_{\text{set}} \leq 50\% \times 37$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\text{set}} = 12 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{12}{100} = 0.12$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 0.5 s

4. **Relay R10**

Manufacturer : GE - Multilin
 Model : SR 750 / 760
 Curve Type : Definite Time
 CT Ratio : 400 / 5
 Isc L-G Station #1-B : 37 A (4.16 kV)

Instantaneous Pickup

$$5 - 10\% \times I_{\text{sc L-G Station \#1-B}} \leq I_{\text{set}} \leq 50\% \times I_{\text{sc L-G Station \#1-B}}$$

$$5 - 10\% \times 37 \leq I_{\text{set}} \leq 50\% \times 37$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\text{set}} = 18.5 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{18.5}{400} = 0.04625$$

Pada kasus ini, tidak ada tap yang dapat memenuhi *range* dari relay. Oleh karena itu, disarankan untuk menambah *current transformer* untuk *ground* dengan rasio 100/5 yang dipasang secara Z CT. Dengan menambah CT untuk *ground* dengan rasio 100/5 maka perhitungannya akan menjadi seperti di bawah ini :

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G Station \#1-B} \leq I_{\gg} \leq 50\% \times \text{Isc L-G Station \#1-B}$$

$$5 - 10\% \times 37 \leq I_{\gg} \leq 50\% \times 37$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\gg} = 14 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{14}{100} = 0.14$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 0.7 s

5. Relay R-TieSW1

Manufacturer : GE - Multilin

Model : SR 750 / 760

Curve Type : Definite Time

CT Ratio : 1200 / 5

Isc L-G Station #1-B : 37 A (4.16 kV)

Instantaneous Pickup

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G Station \#1-B} \leq I_{\gg} \leq 50\% \times \text{Isc L-G Station \#1-B}$$

$$5 - 10\% \times 37 \leq I_{\gg} \leq 50\% \times 37$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\gg} = 18.5 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{18.5}{1200} = 0.02$$

Pada kasus ini, tidak ada tap yang dapat memenuhi *range* dari relay. Oleh karena itu, disarankan untuk menambah *current transformer* untuk *ground* dengan rasio 100/5 yang dipasang secara Z CT. Dengan menambah CT untuk *ground* dengan rasio 100/5 maka perhitungannya akan menjadi seperti di bawah ini :

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G Station \#1-B} \leq I_{\gg} \leq 50\% \times \text{Isc L-G Station \#1-B}$$

$$5 - 10\% \times 37 \leq I_{\gg} \leq 50\% \times 37$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\gg} = 16 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{16}{100} = 0.16$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 0.9 s

6. **Relay R-6700**

Manufacturer : GE - Multilin
Model : SR 750 / 760
Curve Type : Definite Time
CT Ratio : 600 / 5
Isc L-G Station #1-A : 12 A (4.16 kV)

Instantaneous Pickup

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G Station \#1-A} \leq I_{\gg} \leq 50\% \times \text{Isc L-G Station \#1-A}$$
$$5 - 10\% \times 12 \leq I_{\gg} \leq 50\% \times 12$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\gg} = 6 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{6}{600} = 0.01$$

Pada kasus ini, tidak ada tap yang dapat memenuhi *range* dari relay. Oleh karena itu, disarankan untuk menambah *current transformer* untuk *ground* dengan rasio 100/5 yang dipasang secara Z CT. Dengan menambah CT untuk *ground* dengan rasio 100/5 maka perhitungannya akan menjadi seperti di bawah ini :

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G Station \#1-A} \leq I_{\gg} \leq 50\% \times \text{Isc L-G Station \#1-A}$$
$$5 - 10\% \times 12 \leq I_{\gg} \leq 50\% \times 12$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\gg} = 6 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{6}{100} = 0.06$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 1.1 s

7. **Relay R-6700-GND**

Manufacturer : GE - Multilin
Model : SR 750 / 760
Curve Type : Definite Time
CT Ratio : 50 / 5
Isc L-G Station #1-A : 12 A (4.16 kV)

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G Station \#1-A} \leq I_{gg} \leq 50\% \times \text{Isc L-G Station \#1-A}$$

$$5 - 10\% \times 12 \leq I \ll 50\% \times 12$$

(Range : 0.05 sampai $20 \times CT$ Sec)

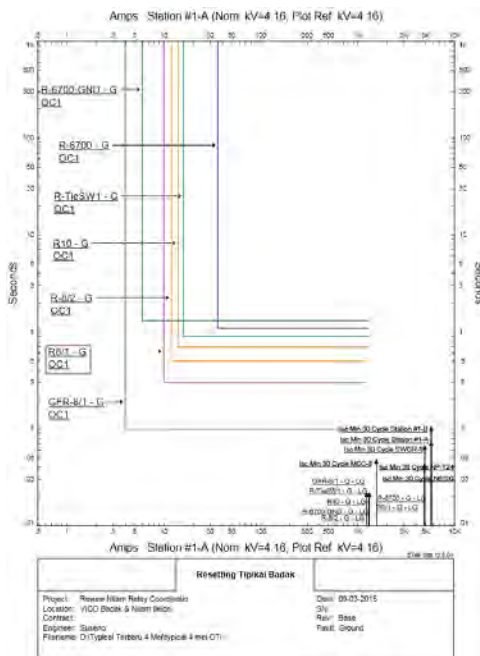
Dipilih $I_{\text{B}} = 6 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{6}{50} = 0.12$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 1.3 s

Setelah mengetahui *setting resetting* dan data rele yang akan dikoordinasikan, maka selanjutnya akan dilakukan plot kurva TCC :



Gambar 4.25 *Resetting* Kurva TCC Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Badak

Tabel 4.14 Data *Resetting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele GFR-8/1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.08
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	<i>Off</i>		
Rele R-8/1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	200 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.05
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	<i>Off</i>		
Rele R-8/2	GE - Multilin	SR - 750 / 760	100 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.12
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	<i>Off</i>		

Tabel 4.14 Data *Resetting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak (Lanjutan)

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele R10	GE - Multilin	SR - 750 / 760	100 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.14
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.7
				Time Dial	<i>Off</i>		
Rele R-TieSW1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	100 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.16
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.9
				Time Dial	<i>Off</i>		
Rele R-6700	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.06
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	<i>Off</i>		

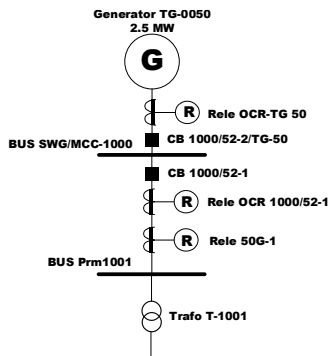
Tabel 4.14 Data *Resetting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak (Lanjutan)

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele R-6700-GND	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.12
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	<i>Off</i>		

4.7.2 Koordinasi *Resetting* Peralatan Pengaman Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Nilam

Pada tipikal Nilam, ditengah jalur sistem kelistrikanya terdapat trafo T-1001 yang memiliki konfigurasi *Delta-Wye Solid*, sehingga tipikal Nilam hanya memiliki 1 zona saja yang saling berhubungan apabila terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. Karena *grounding* trafonya berupa *solid grounded*, maka besarnya arus hubung singkat satu fasa ke tanah hampir sama dengan besarnya arus hubung singkat 3 fasa, sehingga setting rele gangguan ke tanah disamakan dengan setting rele fasa.

Maka koordinasi rele arus lebih gangguan ke tanah pada tipikal Nilam ini bisa dimulai dari Trafo T-1001 sampai ke Generator TG-0050, pada zona ini terdapat 3 relay, yaitu Relay 50G-1, Relay OCR 1000/52-1, Relay OCR-TG 50. Untuk Relay OCR-TG 50 besarnya arus hubung singkat satu fasa ke tanah sama dengan besarnya NGR terpasang di Generator TG-0050, yaitu 12 Ampere. Sedangkan untuk rele yang lain besarnya arus hubung singkat satu fasa ke tanah adalah penjumlahan yang terpasang pada beberapa generator tersebut.



Gambar 4.26 Model *Single Line Diagram* Tipikal Nilam

Dan berikut ini perhitungan untuk mendapatkan nilai *instantaneous pickup* dan *time delay* pada rele ditipikal Nilam.

1. Relay 50G-1

Manufacturer : GE - Multilin

Model : SR 750 / 760
 Curve Type : Definite Time
 CT Ratio : 200 / 5
 Isc L-G Prm1001 : 12 A (4.16 kV)

Instantaneous Pickup

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G Prm 1001} \leq I_{\gg} \leq 50\% \times \text{Isc L-G Prm 1001}$$

$$5 - 10\% \times 12 \leq I_{\gg} \leq 50\% \times 12$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\gg} = 6 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{6}{200} = 0.03$$

Pada kasus ini, tidak ada tap yang dapat memenuhi *range* dari relay. Oleh karena itu, disarankan untuk menambah *current transformer* untuk *ground* dengan rasio 100/5 yang dipasang secara Z CT. Dengan menambah CT untuk *ground* dengan rasio 100/5 maka perhitungannya akan menjadi seperti di bawah ini :

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G Prm 1001} \leq I_{\gg} \leq 50\% \times \text{Isc L-G Prm 1001}$$

$$5 - 10\% \times 12 \leq I_{\gg} \leq 50\% \times 12$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\gg} = 6 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{6}{100} = 0.06$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 0.1 s

2. Relay OCR 1000/52-1

Manufacturer : GE - Multilin
 Model : SR 745
 Curve Type : Definite Time
 CT Ratio : 300 / 5
 Isc L-G SWG/MCC-1000 : 12 A (4.16 kV)

Instantaneous Pickup

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G SWG/MCC 1000} \leq I_{\gg} \leq 50\% \times \text{Isc L-G SWG/MCC 1000}$$

$$5 - 10\% \times 12 \leq I_{\gg} \leq 50\% \times 12$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\gg} = 6 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{6}{300} = 0.02$$

Pada kasus ini, tidak ada tap yang dapat memenuhi *range* dari relay. Oleh karena itu, disarankan untuk menambah *current transformer* untuk *ground* dengan rasio 100/5 yang dipasang secara Z CT. Dengan menambah CT untuk *ground* dengan rasio 100/5 maka perhitungannya akan menjadi seperti di bawah ini :

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G SWG/MCC 1000} \leq I_{\text{set}} \leq 50\% \times \text{Isc L-G SWG/MCC 1000}$$

$$5 - 10\% \times 12 \leq I_{\text{set}} \leq 50\% \times 12$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\text{set}} = 7 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{7}{100} = 0.07$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 0.3 s

3. **Relay OCR-TG 50**

Manufacturer : GE - Multilin

Model : SR 750 / 760

Curve Type : Definite Time

CT Ratio : 600 / 5

Isc L-G SWG/MCC-1000 : 12 A (4.16Kv)

Instantaneous Pickup

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G SWG/MCC 1000} \leq I_{\text{set}} \leq 50\% \times \text{Isc L-G SWG/MCC 1000}$$

$$5 - 10\% \times 12 \leq I_{\text{set}} \leq 50\% \times 12$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\text{set}} = 6 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{6}{600} = 0.01$$

Pada kasus ini, tidak ada tap yang dapat memenuhi *range* dari relay. Oleh karena itu, disarankan untuk menambah *current transformer* untuk *ground* dengan rasio 100/5 yang dipasang secara Z CT. Dengan menambah CT untuk *ground* dengan rasio 100/5 maka perhitungannya akan menjadi seperti di bawah ini :

$$5 - 10\% \times I_{sc} \text{ L-G SWG/MCC } 1000 \leq I_{>} \leq 50\% \times I_{sc} \text{ L-G SWG/MCC } 1000$$

$$5 - 10\% \times 12 \leq I_{>} \leq 50\% \times 12$$

(Range : 0.05 sampai $20 \times CT \text{ Sec}$)

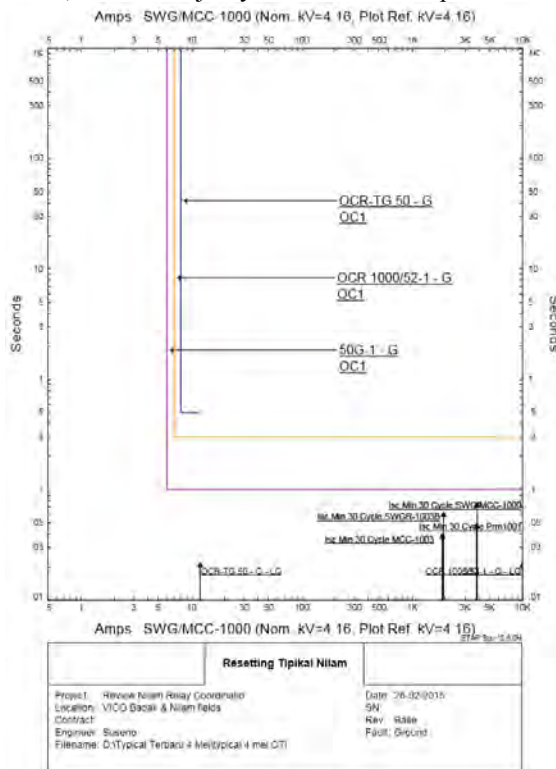
Dipilih $I_{>} = 8 \text{ A}$

$$Tap = \frac{I_{set}}{CT \text{ Primary}} = \frac{8}{100} = 0.08$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 0.5 s

Setelah mengetahui *setting resetting* dan data rele yang akan dikoordinasikan, maka selanjutnya akan dilakukan plot kurva TCC :



Gambar 4.27 *Resetting* Kurva TCC Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Nilam

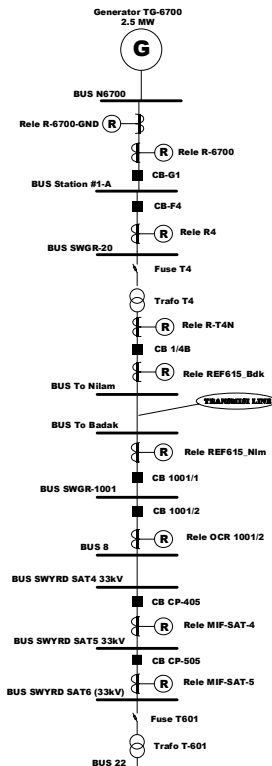
Tabel 4.15 Data *Resetting* Peralatan Pengaman Tipikal Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele 50G-1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	100 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.06
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	<i>Off</i>		
Rele OCR 1000/52-1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	100 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.07
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	<i>Off</i>		
Rele OCR-TG50	GE - Multilin	SR - 750 / 760	100 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.08
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	<i>Off</i>		

4.7.3 Koordinasi *Resetting* Peralatan Pengaman Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Badak - Nilam

Pada tipikal Badak - Nilam, ditengah jalur sistem kelistrikanya terdapat trafo T4 dan T-601 yang memiliki konfigurasi *Delta-Wye Solid*, sehingga tipikal Nilam hanya memiliki 2 zona saja yang saling berhubungan apabila terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. Karena *grounding* trafonya berupa *solid grounded*, maka besarnya arus hubung singkat satu fasa ke tanah hampir sama dengan besarnya arus hubung singkat 3 fasa, sehingga *setting* rele gangguan ke tanah disamakan dengan setting rele fasa.

Maka koordinasi rele arus lebih gangguan ke tanah pada tipikal Badak - Nilam ini bisa dimulai dari zona 1 yaitu dari Trafo T-601 sampai ke Trafo T4 terdapat 6 relay, yaitu Relay MIF-SAT-5, Relay MIF-SAT-4, Relay OCR 1001/2, Relay REF615_Nlm, Relay REF615_Bdk, dan Relay R-T4N. Pada zona 2 ini bisa dimulai dari Trafo T4 sampai Generator TG-6700 terdapat 3 relay, yaitu Relay R4, Relay R-6700, dan Relay R-6700-GND. Untuk Relay R-6700 dan Relay R-6700-GND besarnya arus hubung singkat satu fasa ke tanah sama dengan besarnya NGR terpasang di Generator TG-6700, yaitu 12 Ampere. Sedangkan untuk rele yang lain besarnya arus hubung singkat satu fasa ke tanah adalah penjumlahan yang terpasang pada beberapa generator tersebut.



Gambar 4.28 Model *Single Line Diagram* Tipikal Badak - Nilam

Dan berikut ini perhitungan untuk mendapatkan nilai *instantaneous pickup* dan *time delay* pada rele ditipikal Badak - Nilam.

1. Relay MIF-SAT-5

Manufacturer : GE - Multilin
 Model : SR 750 / 760
 Curve Type : Definite Time

CT Ratio : 15 / 5
Isc L-G SWYRD SAT6 : 719 A (33 kV)

Instantaneous Pickup

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G SWYRD SAT 6} \leq I \leq 50\% \times \text{Isc L-G SWYRD SAT 6}$$
$$5 - 10\% \times 719 \leq I \leq 50\% \times 719$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih I_{set} = 50 A

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{50}{15} = 3.333$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 0.1 s

2. Relay MIF-SAT-4

Manufacturer : GE - Multilin
Model : SR 750 / 760
Curve Type : Definite Time
CT Ratio : 30 / 5
Isc L-G SWYRD SAT4 : 810 A (33 kV)

Instantaneous Pickup

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G SWYRD SAT 4} \leq I \leq 50\% \times \text{Isc L-G SWYRD SAT 4}$$
$$5 - 10\% \times 810 \leq I \leq 50\% \times 810$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih I_{set} = 60 A

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{60}{30} = 2$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 0.3 s

3. Relay OCR 1001/2

Manufacturer : GE - Multilin
Model : SR 750 / 760

Curve Type : Definite Time
CT Ratio : 30 / 5
Isc L-G Bus 8 : 878 A (33 kV)

Instantaneous Pickup

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G Bus 8} \leq I_{\geq} \leq 50\% \times \text{Isc L-G Bus 8}$$

$$5 - 10\% \times 878 \leq I_{\geq} \leq 50\% \times 878$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\geq} = 61.46 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{70}{30} = 2.0486$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 0.5 s

4. Relay REF615 Nlm

Manufacturer : ABB
Model : REF 545
Curve Type : Definite Time
CT Ratio : 100 / 5
Isc L-G To Badak : 879 A (33 kV)

Instantaneous Pickup

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G To Badak} \leq I_{\geq} \leq 50\% \times \text{Isc L-G To Badak}$$

$$5 - 10\% \times 879 \leq I_{\geq} \leq 50\% \times 879$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\geq} = 80 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{80}{100} = 0.8$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 0.7 s

5. Relay REF615 Bdk

Manufacturer : ABB
Model : REF 545

Curve Type : Definite Time
 CT Ratio : 100 / 5
 Isc L-G To Badak : 879 A (33 kV)

Instantaneous Pickup

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G To Badak} \leq I_{\geq} \leq 50\% \times \text{Isc L-G To Badak}$$

$$5 - 10\% \times 879 \leq I_{\geq} \leq 50\% \times 879$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\geq} = 100 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{100}{100} = 1$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 0.9 s

6. Relay R-T4N

Manufacturer : GE - Multilin
 Model : C60
 Curve Type : Definite Time
 CT Ratio : 50 / 5
 Isc L-G SWGR-20 : 37 A (4.16 kV)

Instantaneous Pickup

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G SWGR - 20} \leq I_{\geq} \leq 50\% \times \text{Isc L-G SWGR - 20}$$

$$5 - 10\% \times 37 \leq I_{\geq} \leq 50\% \times 37$$

(Range : 0 sampai 30 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\geq} = 18.5 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{18.5}{50} = 0.37$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 1.1 s

7. Relay R4

Manufacturer : GE - Multilin
 Model : SR 750 / 760

Curve Type : Definite Time
 CT Ratio : 400 / 5
 Isc L-G Bus 13 : 37 A (4.16 kV)

Instantaneous Pickup

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G Bus 13} \leq I_{\gg} \leq 50\% \times \text{Isc L-G Bus 13}$$

$$5 - 10\% \times 37 \leq I_{\gg} \leq 50\% \times 37$$

(Range : 0 sampai 30 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\gg} = 18.5 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{18.5}{400} = 0.04625$$

Pada kasus ini, tidak ada tap yang dapat memenuhi *range* dari relay. Oleh karena itu, disarankan untuk menambah *current transformer* untuk *ground* dengan rasio 100/5 yang dipasang secara Z CT. Dengan menambah CT untuk *ground* dengan rasio 100/5 maka perhitungannya akan menjadi seperti di bawah ini :

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G Bus 13} \leq I_{\gg} \leq 50\% \times \text{Isc L-G Bus 13}$$

$$5 - 10\% \times 37 \leq I_{\gg} \leq 50\% \times 37$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\gg} = 6 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{6}{100} = 0.06$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 0.1 s

8. Relay R-6700

Manufacturer : GE - Multilin
 Model : SR 750 / 760
 Curve Type : Definite Time
 CT Ratio : 600 / 5
 Isc L-G Station #1-A: 12 A (4.16Kv)

Instantaneous Pickup

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G Station \#1-A} \leq I_{\gg} \leq 50\% \times \text{Isc L-G Station \#1-A}$$

$$5 - 10\% \times 12 \leq I \gg 50\% \times 12$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\gg} = 6 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{6}{600} = 0.01$$

Pada kasus ini, tidak ada tap yang dapat memenuhi *range* dari relay. Oleh karena itu, disarankan untuk menambah *current transformer* untuk *ground* dengan rasio 100/5 yang dipasang secara Z CT. Dengan menambah CT untuk *ground* dengan rasio 100/5 maka perhitungannya akan menjadi seperti di bawah ini :

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G Station \#1-A} \leq I \gg \leq 50\% \times \text{Isc L-G Station \#1-A}$$

$$5 - 10\% \times 12 \leq I \gg 50\% \times 12$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

Dipilih $I_{\gg} = 6 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{6}{100} = 0.06$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 0.3 s

9. Relay R-6700-GND

Manufacturer : GE - Multilin
 Model : SR 750 / 760
 Curve Type : Definite Time
 CT Ratio : 50 / 5
 Isc L-G SWGR-8 : 12 A (4.16Kv)

Instantaneous Pickup

$$5 - 10\% \times \text{Isc L-G SWGR - 8} \leq I \gg \leq 50\% \times \text{Isc L-G SWGR - 8}$$

$$5 - 10\% \times 12 \leq I \gg 50\% \times 12$$

(Range : 0.05 sampai 20 ×CT Sec)

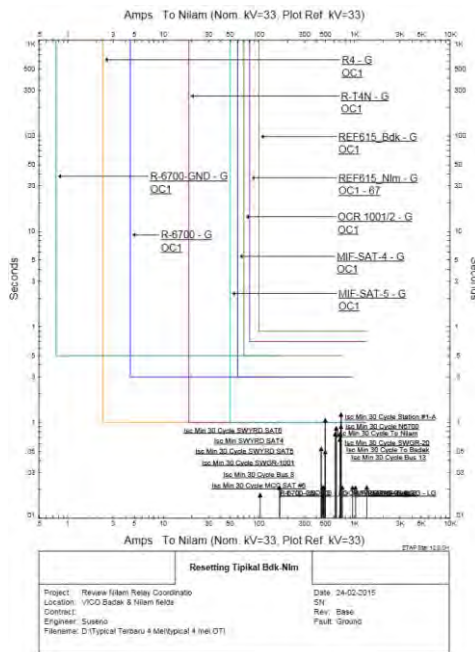
Dipilih $I_{\gg} = 6 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{\text{CT Primary}} = \frac{6}{50} = 0.12$$

Time Delay

Dipilih Time Delay = 0.5 s

Setelah mengetahui *setting resetting* dan data rele yang akan dikoordinasikan, maka selanjutnya akan dilakukan plot kurva TCC :



Gambar 4.29 *Resetting Kurva TCC Arus Lebih Gangguan ke Tanah Tipikal Badak – Nilam*

Tabel 4.16 Data *Resetting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak – Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele MIF-SAT-5	GE - Multilin	SR - 750 / 760	15 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	3.333
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	<i>Off</i>		
Rele MIF-SAT-4	GE - Multilin	SR - 750 / 760	30 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	2
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	<i>Off</i>		
Rele OCR 1001/2	GE - Multilin	SR - 750 / 760	30 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	2.3333
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	<i>Off</i>		

Tabel 4.16 Data *Resetting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak – Nilam (Lanjutan)

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele REF615_Nlm	ABB	REF 545	100 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.8
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.7
				Time Dial	<i>Off</i>		
Rele Ref615_Bdk	ABB	REF 545	100 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	1
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.9
				Time Dial	<i>Off</i>		
Rele R-T4N	GE - Multilin	C60	50 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.37
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	<i>Off</i>		

Tabel 4.16 Data *Resetting* Peralatan Pengaman Tipikal Badak – Nilam (Lanjutan)

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele R4	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.185
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	<i>Off</i>		
Rele R-6700-G	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.06
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	<i>Off</i>		
Rele R-6700-GND	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.12
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	<i>Off</i>		

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi dan analisis koordinasi rele pengaman pada PT. VICO Indonesia yang telah dilakukan, maka diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil plot koordinasi kurva arus waktu *existing* PT. VICO Indonesia memperlihatkan bahwa banyak rele yang terjadi *miss-coordination* dan *overlapping* antara rele utama dan rele backup. Hal ini mengakibatkan selektifitas rele kurang baik dalam melokalisir gangguan pada sistem, sehingga menyebabkan padam total (*black out*) pada pabrik PT. VICO Indonesia.
2. Hasil plot koordinasi kurva arus waktu *existing* untuk rele arus lebih gangguan tanah menggunakan *setting* 50G dan 51G. Hal ini kurang tepat karena nilai arus gangguan sudah pasti (sesuai dengan NGR), sehingga *setting* untuk rele 50G tidak perlu diaktifkan.
3. Hasil plot koordinasi kurva arus waktu *existing* untuk rele arus lebih gangguan tanah memperlihatkan bahwa untuk *setting* rele 51G menggunakan kurva *inverse*. Hal ini kurang tepat karena nilai arus gangguan sudah pasti (sesuai dengan NGR), sehingga *setting* untuk rele 51G cukup menggunakan kurva *definite*.
4. Pada *setting* rele *Existing*, *Instantaneous Pick Up* dan *Time Delay* tidak diaktifkan. Sehingga tidak ada *Grading Time* antara rele satu dengan lainnya yang bisa menyebabkan kejadian *trip* secara bersamaan antara rele pengaman utama dan rele *backup* pada saat terjadi gangguan hubung singkat dapat dihindari dan koordinasi kerja antar rele dapat berjalan dengan baik. Rele bekerja secara instan tanpa ada *grading time*. Pemilihan *Grading time* sebesar 0.2 dan 0.3 detik dianggap paling sesuai mengingat rele yang digunakan adalah rele digital. Sedangkan pemilihan *Grading Time* sebesar 0.3 – 0.4 detik digunakan untuk rele analog.
5. *Setting Existing* rele pengaman arus lebih fasa tidak mempertimbangkan *Damage Curve* pada trafo dan kurva *starting* Generator, sehingga bisa merusak peralatan jika mengenai beban penuh atau *full load*.
6. *Setting Existing* rele pengaman arus lebih fasa tidak mempertimbangkan *FLA* (*Full Load Ampere*) trafo dan beban

dibawahnya sehingga ketika ada arus maksimal pada saat trafo *energize* atau motor *starting*, rele menganggap itu sebagai gangguan sehingga menyebabkan rele tersebut bekerja untuk *trip*.

5.2 Saran

Dengan mempertimbangkan hasil studi yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, ada beberapa saran yang dapat menjadi masukan kedepannya, maka diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Karena adanya penyetelan rele yang kurang tepat, maka digunakan pergantian nilai setting rele pengaman dengan perhitungan manual yang disesuaikan manual rele sesuai dengan manufakturnya dan plot koordinasi kurva arus waktu. Hasil dari plot dapat memperlihatkan bahwa tidak ada rele yang terjadi *miss-coordination* dan *overlapping* antara rele utama dengan rele *backup*. Dapat dikatakan bahwa koordinasi kerja antar rele dapat berjalan dengan baik dan sesuai urutannya.
2. Dari *setting* rele pengaman yang didapat dan hasil dari plot kurva arus waktu *resetting* dapat dijadikan pertimbangan dan referensi dalam melakukan setting rele pengaman pada PT. VICO Indonesia.
3. Pemilihan *Grading time* sebesar 0.2 dan 0.3 detik dianggap paling sesuai mengingat rele yang digunakan adalah rele digital. Sedangkan pemilihan *Grading Time* sebesar 0.3 – 0.4 detik digunakan untuk rele analog sesuai standard IEEE 242.
4. Mengganti Perbandingan CT *Ratio* pada Rele 50G-1 sehingga perhitungan manual dapat memenuhi *range* sesuai dengan *data sheet manual relay* yang sudah ada, *Range* didapat mulai 0.05 sampai 20, dengan *steps* 0.01. Dengan mengganti perbandingan CT *Ratio*, maka hasil Tap akan sesuai dengan *Range* yang ada, sehingga dapat bekerja dengan normal dan aman.
5. Menambahkan Z CT pada rele R8/2, rele R10, rele R-TieSW1, rele R-6700, rele 50G-1, rele OCR 1000/52-1, rele OCR-TG 50, rele R4 agar rele dapat disetting dengan tepat sehingga dapat mengamankan gangguan hubung singkat ke tanah (*ground fault*) dengan baik.
6. Menambahkan Z CT pada semua rele *ground fault* untuk menambah selektifitas rele dalam bekerja.
7. Untuk studi selanjutnya dapat dilakukan pengembangan dengan pertimbangan *arc flash* pada koordinasi proteksi PT. VICO Indonesia. Pertimbangan *arc-flash* pada koordinasi proteksi PT. VICO Indonesia dapat meningkatkan standar *safety*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Vico Indonesia, 4S Production Renewal Plan People Process Safety, Power Generation – Sistem Proteksi, Muara Badak, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur, 2008
- [2] Wahyudi R, “Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik”, Teknik Elektro ITS, Surabaya, 2004
- [3] Stanley H. H, Phadke. Arun G, “*Power System Relaying, Third Edition*”, Research Studies Press Limited, USA, 2008.
- [4] Lazar, Irwin, “*Electrical System Analysis and Design for Industrial Plant*”, McGraw-Hill Inc., USA, Ch, 1, 1980
- [5] Carey C, Robert G H, Louie J P, IEEE Std 242-2001™, “*IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems*”, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, Ch. 15, 2001
- [6] J.P. Barret, P. Bornard, B. Mayer, “*Power System Simulation*”, Chapman & Hall, London, 1997
- [7] Mismail, Budiono, Analisa Sistem Tenaga, Lembaga Penerbitan Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, 1982
- [8] Penangsang, Ontoseno, “Diktat Kuliah Analisis Sistem Tenaga Jilid 2”, Teknik Elektro ITS, Surabaya, 2006
- [9] Soeprijanto, Adi “Kestabilan Sistem Tenaga Listrik, Diktat Kuliah Analisis Sistem Tenaga Listrik 2”, Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- [10] A. R. Van C. Warrington, “*Protective Relay : their Theory and Practice Volume Two*”, Chapman & Hall, London, 1977.
- [11] Cahier Technique No. 158, “*Calculation of Short-circuit Currents*”, Schneider Electric, 2005.
- [12] Anderson, P.M, “*Power System Protection*”, John Wiley & Sons, Inc., Canada, Ch. 3, 1998
- [13] Gurevich, Vladimir, “*Electric Relays, Principle and application*”, CRCPress, USA, Ch. 10, 2006.
- [14] Phadke, Arun G, dan Thorp, James S, “*Computer Relaying for Power System*”, John Wiley and Sons, Ltd., England, Ch.2, 2009.
- [15] Gers, Juan M., dan Holmes, Edward J., “*Protection of Electrical Distribution Network 2nd Edition*”, The Institution of Electrical Engineers, London, Ch. 5, 2004.

- [16] Instruction Manual “*Multi-Functional Protective Relay with Bay Controller 7SJ62 V4.0/V4.1*” Siemens. 1999.
- [17] Préve, Christophe, “*Protection for Electrical Network*”, ISTE Ltd., London, Ch. 7, 9, 2006.
- [18] Service Manual Type MCGG “*Overcurrent Relays for Phase and Earth Fault*” Alstom.
- [19] A. E. Guile, W. Paterson, “*Electrical Power Systems Volume Two*”, Oliver & Body Edinburgh, London, 1972.

LAMPIRAN

Tabel 1 Data *Eksisting* Rele Pengaman Gangguan Fasa Tipikal Badak

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
LVCB - M8 - 1	-	-	Sensor : 2000 A	LTPU	Tidak Ada Eksisting	Tidak Ada Eksisting	
				LTPU Band			
				STPU			
				STPU Band			
Rele R-8/1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	200 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	14
				Tap	1.2	Delay (Sec)	0.01
				Time Dial	0.5		
				Rele R-8/2	GE - Multilin	SR - 750 / 760	400 / 5
Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap					
Tap	0.8	Delay (Sec)	Tidak Aktif				
Time Dial	2						
Rele R10	GE - Multilin	SR - 750 / 760	400 / 5				
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	1	Delay (Sec)	Tidak Aktif
				Time Dial	4.5		
				Rele R-TuSW1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	1200 / 5
Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap					
Tap	1	Delay (Sec)	Tidak Aktif				
Time Dial	10						
Rele R-6700	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5				
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	2.4	Delay (Sec)	Tidak Aktif
				Time Dial	10		
				Rele 3	ABB	CO (Circuit Opening)	600 / 5
Pickup Range	0.5 - 2.5 Sec - 5A	Tap					
Tap	1.5	Delay (Sec)	Tidak Aktif				
Time Dial	11						

Tabel 2 Data *Resetting* Rele Pengaman Gangguan Fasa Tipikal Badak

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
LVCB - M8 - 1	Merlin Gerlin	STR 58U	Sensor : 2500 A	LTPU	0.98		Tidak Ada
				LTPU Band	15		
				STPU	1.5		
				STPU Band	0.4		
Rele R-8/1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	200 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	13
				Tap	0.7	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	1.84		
Rele R-8/2	GE - Multilin	SR - 750 / 760	400 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	7
				Tap	0.8	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	2.16		
Rele R10	GE - Multilin	SR - 750 / 760	400 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	7
				Tap	0.8	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	2.16		
Rele R-TieSW1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	1200 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	3
				Tap	0.38	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	2.68		
Rele R-6700	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	7
				Tap	0.8	Delay (Sec)	0.7
				Time Dial	3.41		
Rele 3	ABB	CO (Circuit Opening)	600 / 5	Curve Type	CO8 - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	2.5 - 10 Sec - 5A	Tap	
				Tap	4.5	Delay (Sec)	
				Time Dial	6		

Tabel 3 Data *Eksisting* Rele Pengaman Gangguan Fasa Tipikal Nilam

Relé				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
LVCB 1003/6	Merlin Gerlin	STR 58U	Sensor : 250 A	LTPU	1	Tidak Ada Eksisting	
				LTPU Band	15		
				STPU	5		
				STPU Band	0.2		
LVCB 1003/2	Moeller	IZM-U	Sensor : 3200 A	LTPU	0.8	Tidak Ada Eksisting	
				LTPU Band	15		
				STPU	4		
				STPU Band	0.2		
Relé 50G-1	-	-	50 / 5	Curve Type	Tidak Ada Eksisting	Pickup Range	Tidak Ada Eksisting
				Pickup Range		Tap	
				Tap		Delay (Sec)	
				Time Dial			
Relé OCR 1000/52-1	GE - Multilin	SR - 745	300 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20.XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20.XCT Sec	Tap	13.3
				Tap	1.1	Delay (Sec)	0
				Time Dial	0.9		
Relé OCR-TG 50	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 20.XCT Sec	Tap	
				Tap	1.6	Delay (Sec)	
				Time Dial	4.23		

Tabel 4 Data *Resetting* Rele Pengaman Gangguan Fasa Tipikal Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
LVCB 1003/6	Merlin Gerlin	STR 58U	Sensor : 3000 A	LTPU	1	Tidak Ada	
				LTPU Band	15		
				STPU	2		
				STPU Band	0.5		
LVCB 1003/2	Moeller	IZM-U	Sensor : 4000 A	LTPU	0.94	Tidak Ada	
				LTPU Band	15		
				STPU	2.2		
				STPU Band	0.4		
Rele 50G-1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	200 / 5	Curve Type	ANSI-Extremely Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	17.5
				Tap	2.25	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	4.61		
Rele OCR 1000/52-1	GE - Multilin	SR - 745	300 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	11.5
				Tap	1.59	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	14		
Rele OCR-TG 50	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	6
				Tap	0.8	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	22.6		

Tabel 5 Data *Eksisting* Rele Pengaman Gangguan Fasa Tipikal Badak – Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
LVCB - S6-1	General Electric	EC-1 AK-15-25-30 (LSI 15s)	Sensor : 15 A	LTPU	0.8	Pickup 15s - feed	
				LTPU Band	IC-Min		
				STPU	2		
				STPU Band	2C-Min		
Rele MIF-SAT-5	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	15 / 5	Curve Type	IEC - A	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	Tidak Aktif
				Tap	0.75	Delay (Sec)	
				Time Dial	0.08		
Rele MIF-SAT-4	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	30 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	0.8	Delay (Sec)	
				Time Dial	1.5		
Rele OCR 1001/2	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	30 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	0.9	Delay (Sec)	
				Time Dial	2.8		
Rele REF615_Nlm	ABB	REF 545	100 / 5	Curve Type	Normal Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.1 - 5 XCT Sec	Tap	
				Tap	0.5	Delay (Sec)	
				Time Dial	0.22		
Rele REF615_Bdk	ABB	REF 545	100 / 5	Curve Type	Normal Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 40 XCT Sec	Tap	
				Tap	0.3	Delay (Sec)	
				Time Dial	0.33		
Rele R4	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	400 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	1.6	Delay (Sec)	
				Time Dial	5		
Rele R-6700	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	
				Tap	2.4	Delay (Sec)	
				Time Dial	10		
Rele 3	ABB	CO (Circuit Opening)	600 / 5	Curve Type	CO2 - Short Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	0.5 - 2.5 Sec - 5A	Tap	
				Tap	1.5	Delay (Sec)	
				Time Dial	11		

Tabel 6 Data *Resetting* Rele Pengaman Gangguan Fasa Tipikal Badak - Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
LVCB - S6-1	General Electric	EC-1 AK-15-25-30 (LSI 15s)	Sensor : 800 A	LTPU	1.45	Tidak Aktif	
				LTPU Band	IC-Min		
				STPU	2.3		
				STPU Band	2A-Mix		
Rele MIF-SAT-5	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	15 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	10.15
				Tap	1.05	Delay (Sec)	0.14
				Time Dial	0.18		
Rele MIF-SAT-4	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	30 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	5.45
				Tap	0.85	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	2.17		
Rele OCR 1001/2	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	30 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	6
				Tap	1.2	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	2.71		
Rele REF615_Nlm	ABB	REF 545	100 / 5	Curve Type	Normal Inverse	Pickup Range	0.05 - 40 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 40 XCT Sec	Tap	2
				Tap	6	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	0.05		
Rele REF615_Bdk	ABB	REF 545	100 / 5	Curve Type	Normal Inverse	Pickup Range	0.05 - 40 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 40 XCT Sec	Tap	2.5
				Tap	0.7	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	0.05		
Rele R4	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	400 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	5.5
				Tap	1.95	Delay (Sec)	0.14
				Time Dial	3.3		
Rele R-6700	GE - Muhlin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	7
				Tap	0.8	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	4.23		
Rele 3	ABB	CO (Circuit Opening)	600 / 5	Curve Type	CO8 - Inverse	Pickup Range	Tidak Aktif
				Pickup Range	2.5 - 10 Sec - 5A	Tap	
				Tap	4.5	Delay (Sec)	
				Time Dial	6		

Tabel 7 Data *Eksisting* Rele Pengaman Gangguan ke Tanah Tipikal Badak

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
GFR-8/1 - G	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.116
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.01
				Time Dial	Off		
R-6700-GND - G	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Off
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	Off
				Tap	0.8	Delay (Sec)	Off
				Time Dial	4.5		

Tabel 8 Data *Resetting* Rele Pengaman Gangguan ke Tanah Tipikal Badak

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele GFR-8/1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.08
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	Off		
Rele R-8/1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	200 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.05
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	Off		
Rele R-8/2	GE - Multilin	SR - 750 / 760	100 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.12
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	Off		
Rele R10	GE - Multilin	SR - 750 / 760	100 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.14
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.7
				Time Dial	Off		
Rele R-TieSW1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	100 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.16
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.9
				Time Dial	Off		
Rele R-6700	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.06
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	Off		
Rele R-6700-GND	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.12
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	Off		

Tabel 9 Data *Eksisting* Rele Pengaman Gangguan ke Tanah Tipikal
Nilam

Rele				Setting		
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous
LVCB 1003/6	Merlin Gerlin	STR 58U	Sensor : 250 A	Ground Pickup	0.1	<i>Off</i>
				Ground Band	0.1	

Tabel 10 Data *Resetting* Rele Pengaman Gangguan ke Tanah Tipikal
Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele 50G-1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	100 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.06
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	<i>Off</i>		
Rele OCR 1000/52-1	GE - Multilin	SR - 750 / 760	100 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.07
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	<i>Off</i>		
Rele OCR-TG50	GE - Multilin	SR - 750 / 760	100 / 5	Curve Type	<i>Off</i>	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	<i>Off</i>	Tap	0.08
				Tap	<i>Off</i>	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	<i>Off</i>		

Tabel 11 Data *Resetting* Rele Pengaman Gangguan ke Tanah Tipikal Badak - Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
R-6700-QND - G	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Off
				Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec	Tap	Off
				Tap	0.8	Delay (Sec)	Off
				Time Dial	4.5		
R-T4N - G	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	IAC - Inverse	Pickup Range	Off
				Pickup Range	0 - 30 XCT Sec	Tap	Off
				Tap	0.2	Delay (Sec)	Off
				Time Dial	3.98		

Tabel 12 Data *Resetting* Rele Pengaman Gangguan ke Tanah Tipikal Badak - Nilam

Rele				Setting			
ID Peralatan Pengaman	Manufaktur	Model	CT atau Sensor	Overcurrent		Instantaneous	
Rele MIF-SAT-5	GE - Multilin	SR - 750 / 760	15 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	3.333
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	Off		
Rele MIF-SAT-4	GE - Multilin	SR - 750 / 760	30 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	2
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	Off		
Rele OCR 100I/2	GE - Multilin	SR - 750 / 760	30 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	2.3333
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	Off		
Rele REF615_Nlm	ABB	REF 545	100 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.8
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.7
				Time Dial	Off		
Rele Ref615_Bdk	ABB	REF 545	100 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	1
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.9
				Time Dial	Off		
Rele R-T4N	GE - Multilin	C60	50 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.37
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	Off		
Rele R4	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.185
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.1
				Time Dial	Off		
Rele R-6700-G	GE - Multilin	SR - 750 / 760	600 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.06
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.3
				Time Dial	Off		
Rele R-6700-QND	GE - Multilin	SR - 750 / 760	50 / 5	Curve Type	Off	Pickup Range	0.05 - 20 XCT Sec
				Pickup Range	Off	Tap	0.12
				Tap	Off	Delay (Sec)	0.5
				Time Dial	Off		

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Edo Yanuwirawan. Lahir di Gresik pada tanggal 25 Januari 1993. Penulis merupakan anak bungsu dari bersaudara pasangan Agus Eriyanto (Alm.) dan Sudarwati ini mengawali pendidikannya di SDN Randuagung III Gresik pada tahun 1999, kemudian melanjutkan ke SMPN 3 Gresik pada tahun 2005. Setelah lulus dari SMPN 3 Gresik pada tahun 2008 penulis melanjutkan pendidikannya ke SMAN 1 Kebomas Gresik. Kemudian setelah lulus dari SMAN 1 Kebomas Gresik pada tahun 2011, penulis melanjutkan studi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jurusan Teknik Elektro, Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga. Semasa kuliah di Jurusan Teknik Elektro penulis aktif dalam berbagai kepanitiaan dan organisasi. Penulis pernah menjadi panitia Lomba Cipta Elektroteknik Nasional (LCEN) XVII, panitia Forum Robot Nasional. Penulis pernah aktif sebagai staf di Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro pada periode 2011-2012. Penulis juga aktif di LMB (Lembaga Minat Bakat) ITS, UKM Robotika, UKM Badminton, UKM Penalaran. Penulis juga aktif kuliah sambari bekerja di GRAHA ITS menjadi Operator Sound System. Penulis mempunyai hobi *travelling*, *touring*, memancing. Serta mempunyai cita – cita ingin menjadi pejabat negara karena sadar akan pentingnya perubahan yang signifikan di lingkungan sekitar guna memakmurkan kehidupan bangsa. Penulis mempunyai motto hidup yaitu gunakan masa hidupmu sebaik mungkin dan untuk kepentingan bersama. Email : edo_250193@yahoo.com dan nomor handphone : 085645496888.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)